

Über das Elektrookulogramm beim Lesen

Vorgelegt
von
Dieter Heller
aus
Markgröningen

1976 # 397

Über das Elektrookulogramm beim Lesen

Inaugural-Dissertation

am Fachbereich

Philosophie, Geschichte und Sozialwissenschaften

der Friedrich-Alexander-Universität

Erlangen-Nürnberg

Vorgelegt

von

Dieter Heller

aus

Markgröningen



Tag der mündlichen Prüfung: 13. Juli 76

Dekan: Univ.-Professor Dr. Michael Stürmer

Referent: Univ.-Professor Dr. Werner Traxel

Korreferent: Univ.-Professor Dr. Walter Toman

Vorwort

Die vorliegende Arbeit hat mich vielen verpflichtet. Mein besonderer Dank gilt meinem Lehrer, Herrn Prof. Dr. W. Traxel, von dem die der Untersuchung zugrundeliegende Idee stammt und der ihre Realisierung in allen Phasen geduldig begleitet hat; überdies hat er die für psycho-physiologische Forschung notwendigen materiellen Voraussetzungen geschaffen, deren Umfang - im Vergleich zu den zur Verfügung stehenden Mitteln - erheblich ist.

Mit der Elektrookulographie wurde eine bisher noch wenig beschriebene Methode der Augenbewegungsregistrierung gewählt, damit war ich ganz besonders auf spezielle methodische Hinweise von Fachleuten angewiesen, die ich in reichlichem Maße erhalten habe. Hierfür bin ich Herrn Prof. Dr. G. Mackensen und Herrn Prof. Dr. W. Schönpflug zu Dank verpflichtet, ebenso Herrn Prof. Dr. A. Hajos, der mir darüber hinaus großzügig seine umfangreiche private Literatursammlung zum Thema Augenbewegungsuntersuchungen überlassen hat.

Wesentliche Voraussetzung dafür, daß die Versuche überhaupt in der geplanten Form durchgeführt werden konnten, haben der Leiter der Gesamtschule Hollfeld, Herr Studiendirektor O. Hofmann, und sein Stellvertreter, Herr A. Saam, geschaffen: Einerseits stellten sie für mehrere Wochen einen Versuchsraum in der Schule bereit, andererseits standen sie mit der Autorität der Schulleitung hinter den Versuchen, so daß auch tatsächlich die Kinder für die Versuche zur Verfügung standen, die aufgrund der Voruntersuchung ausgewählt worden waren.

Der Direktor des Instituts für Werkstoffwissenschaften I der Universität Erlangen-Nürnberg, Herr Prof. Dr. B. Ilschner, gestattete großzügig die extensive Benutzung der dort vorhandenen Digitalisieranlage. Dank der Hilfe von Herrn Dipl.-Phys. F. Pschenitzka wurden die dabei auftauchenden Probleme lösbar.

Sicherlich wäre die Arbeit noch immer nicht fertiggestellt, wenn nicht Herr Prof. G. A. Lienert nachdrücklich auf die Möglichkeit einer Reduktion der Stichprobe verwiesen hätte. Die verbliebene Datenmenge war jedoch immer noch so groß, daß ihre Bewältigung ohne die Unterstützung meines Kollegen, Herrn Dipl.-Math. H. Algayer, der sämtliche Auswertungsprogramme verfaßt hat, nicht möglich gewesen wäre.

Mein herzlicher Dank gilt ferner Frau D. Müller für die große Mühe, die sie sich beim Schreiben des Manuskripts gemacht hat.

Nicht denkbar wäre die Arbeit ohne die unerschöpfliche Geduld der "Eich-Vp" Frl. A. Heinisch und ohne die ständigen Gesprächspartner Dr. H.-P. Krüger und meinen Vater, Prof. Dr. O. Heller, denen ich wesentliche Anregungen verdanke.

Bayreuth, den 30. 4. 1976

Dieter Heller

ÜBER DAS ELEKTROOKULOGRAMM BEIM LESEN

Inhaltsverzeichnis

Seite:

1.	Einleitung	1
2.	Über das Lesen	3
3.	Der Gang der Leseforschung	5
3.1	Die Untersuchung der Augenbewegungen beim Lesen	17
3.2	Diskussion und Formulierung der Fragestellung	28
4.	Die Elektrookulographie	35
4.1	Physiologische Grundlagen	35
4.11	Die Bewegungen der Augen	35
4.12	Elektrische Vorgänge am Auge	37
4.2	Das Elektrookulogramm (EoG)	39
5.	Die Versuchsanordnung	46
5.1	Das Registriergerät	46
5.2	Die Ableitung	47
5.3	Die Darbietung der Lesevorlagen	49
5.4	Die Analyse der Augenbewegungskurve	55
5.5	Die Eichung	56
6.	Darstellung des Experiments	65
6.1	Der Versuchsplan	65
6.2	Die Herstellung der Texte	67
6.3	Die Auswahl der Stichprobe	74
6.4	Die Durchführung der Augenbewegungsuntersuchung	78
6.5	Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung	79
6.6	Auswertung	81

7.	Darstellung und Diskussion der Ergebnisse	85
7.1	Gesamtmittelwerte der Augenbewegungsparameter	90
7.11	Diskussion	91
7.2	Die Schwierigkeit der Texte	93
7.21	Diskussion	96
7.3	Leises und lautes Lesen	98
7.31	Diskussion	101
7.4	Gute und schlechte Leser	102
7.41	Konsistenzbetrachtung bei guten und schlechten Lesern	106
7.42	Verlaufsanalyse des Lesens bei guten und schlechten Lesern	109
7.43	Diskussion	116
8.	Zusammenfassung	118
9.	Literatur	121
10.	Anhang	130

Einleitung

Die große praktische Bedeutung des Lesens hat schon früh das Interesse der Psychologie geweckt. Allgemeinpsychologische Fragen standen dabei zunächst im Vordergrund, die sich aus der Nähe der Leseforschung zur Gedächtnispsychologie ergaben, mit der sie sich längere Zeit synchron entwickelt hat.

Zwei Zugänge zur Erforschung des Lesens wurden bisher vor allem gesucht: der Weg über die Wort- und Formerkennung mittels des Tachistoskops und über den Leseprozeß mittels der Augenbewegungsregistrierung. Daneben ist die Sinnentnahme aus Texten besonders unter diagnostischen und differentiell-psychologischen Aspekten untersucht worden.

In der vorliegenden Arbeit geht es um den Leseprozeß und dabei speziell um die Augenbewegung beim Lesen. Dieser Ansatz ist in den letzten 30 Jahren stark in den Hintergrund getreten. Inzwischen sind neue Methoden der Augenbewegungsregistrierung entwickelt worden, so daß es lohnend erscheint, diese Fragestellung erneut aufzugreifen.

Mit der Elektrookulographie steht ein Verfahren zur Verfügung, das gegenüber den herkömmlichen Registriermethoden wesentliche Vorzüge verspricht, deren Verwendbarkeit für die psychologische Leseforschung aber bisher an Erwachsenen kaum, an Kindern noch gar nicht erprobt worden ist. Erstes Ziel der Untersuchung ist es daher, zu erkunden, welche Merkmale des Leseprozesses mit Hilfe des Elektrookulogramms (EOG) darstellbar sind und mit welcher Genauigkeit dies möglich ist. Ferner soll festgestellt werden, in wie weit bereits Hypothesen über die Auswirkung verschiedener Bedingungen auf Merkmale des Leseprozesses (Anzahl und Dauer der Fixationen, Richtung der Sakkade, Lesezeit) aus den Daten des EOGs geprüft werden können.

Methodische Schwierigkeiten haben es bisher weitgehend verhindert, daß Augenbewegungen bei Kindern untersucht wurden, obwohl es sowohl von großer praktischer als auch von großer theoretischer Bedeutung ist, den Leseprozeß sozusagen in statu nascendi zu erfassen.

Die vorliegende Untersuchung ist aus diesem Grund an Kindern ausgeführt worden. Um ein möglichst breites Spektrum des Leseverhaltens im Versuch zu erfassen, wurden folgende Variable eingeführt: "Gute" und "schlechte" Leser, lautes und leises Lesen, ferner wurde versucht, die Schwierigkeit der Lesevorlagen zu variieren.

Im experimentellen Teil der Arbeit steht die Frage nach der Brauchbarkeit des EOGs durchweg im Vordergrund. Andere Fragen, wie z.B. die Abstufung der Textschwierigkeit, treten dahinter zurück. In dieser Hinsicht möchte die Untersuchung im wesentlichen als eine Erkundungsstudie verstanden werden. Wenn sich dabei zeigt, daß Ergebnisse zutage treten, die einer späteren Nachprüfung standhalten, so wird dies um so mehr zu Gunsten der Methode sprechen, die Gegenstand der Untersuchung ist.

Der Griff nach einem alten Thema und einer neuen Methode wird nicht selten in der Hoffnung getan, daß der technische Fortschritt inzwischen Möglichkeiten eröffne, einige der liegengebliebenen Probleme per Knopfdruck lösen zu können. Sehr leicht kann jedoch auch das Gegenteil davon eintreten, und man fühlt sich alsbald als Laokoon der Registrier- und Lochstreifen und wird sich der Tatsache bewußt, daß auch das Hipp'sche Chronoskop beachtliche Vorzüge aufzuweisen hatte.

2. Über das Lesen

"Wann wir lesen, denkt ein anderer für uns: Wir wiederholen bloß seinen mentalen Prozeß. Es ist damit, wie wenn beim Schreibenlernen der Schüler die vom Lehrer mit Bleistift geschriebenen Züge mit der Feder nachzieht" (SCHOPENHAUER, Bd. 11, § 307, S. 233).

Dieser Auffassung des Lesens als einer bloßen Wiederholung des geistigen Prozesses eines anderen kann man die THORNDIKES gegenüberstellen, die prägnant im Titel einer Untersuchung von 1917 formuliert wird: "The psychology of thinking in the case of reading". THORNDIKE versteht das Lesen als einen Denkprozeß und erwartet dementsprechend von Leseuntersuchungen Aufschlüsse über die Gesetze des Denkens.

Diese beiden Positionen kennzeichnen zwei sehr differente Aspekte des Lesens, ebenso machen sie die Schwierigkeiten deutlich, die eine definitorische Eingrenzung des Gegenstandes aufwirft. So bekennt NEISSER (1974), daß er gegenwärtig noch keine Möglichkeit sehe, das Lesen hinreichend zu definieren, um es beispielsweise vom Überfliegen beim sogenannten Schnell-Lesen zu unterscheiden.

Man kann zwar - wie dies zumeist in der Lesetest- und in der Legasthenieliteratur geschieht - Lesen als Sinnentnahme aus Zeichen definieren (SCHENK-DANZINGER 1968). Doch damit verzichtet man weitgehend auf die Möglichkeit, die verschiedenen am Lesen beteiligten kognitiven Prozesse und Leistungen hinreichend unterscheiden zu können. Bei der Betrachtung des Leselernprozesses schließlich versagt eine solche Definition völlig. Wie etwa soll das phonetisch einwandfreie Vorlesen eines HEIDEGGER-Textes durch einen Schüler der 3. Jahrgangsstufe eingeordnet werden oder das richtig verstandene, aber mit deutscher Phonetik gelesene Französisch, das leise sinnverstehende Lesen, das Schnell-Lesen und schließlich gar das Notenlesen?

Dieser Vielgestaltigkeit wird wohl am besten dadurch Rechnung getragen, daß man statt einer Definition des komplexen Lesevorgangs die daran beteiligten Prozesse zu analysieren oder zumindest zu benennen sucht, wie dies etwa KAINZ (1956) tut. Eine solche Analyse des Leseprozesses ergibt folgende Partialleistungen: "Erfassen der Wortgestalt in ihren sensorisch-motorischen Aufbaumomenten und deren lautliches Reproduzieren, Erfassen der begrifflichen Wortbedeutungen und ihrer Verbindung mit den Wortklangbildern, schließlich das Nachvollziehen des gedanklichen Gehalts. Die Vollform der Lesetätigkeit liegt in der Zusammenschaltung dieser einzelnen Partialaktionen zu einer einheitlichen Leistungsgesamtheit" (KAINZ 1956, S. 168).

3. Zum Gang der Leseforschung*

"Wie wenig Zeit zur Vorstellung einer Empfindung nöthig ist, sieht man bei geübten Correctoren, welche die zu corrigierenden Druckbogen ziemlich schnell lesen und doch sich jeden Buchstaben genau genug vorstellen, um auf die vorhandenen Fehler aufmerksam zu werden. Beim Sehen kann ich beweisen, daß der Theil der Nervenhaut des Auges, mit dem wir deutlich sehen, nur etwa $\frac{1}{3}$ Linie groß ist. Wir müssen daher unser Auge von einem Theile zum andern wenden, damit sich nach und nach jeder Theil eines größeren Gegenstandes auf dieser kleinen sehr empfindlichen Stelle der Nervenhaut abbilde. Dessen ungeachtet glauben wir gleichzeitig Körper zu übersehen, die sich auf einmal gar nicht auf jener Stelle der Nervenhaut abbilden können. Was wir successiv vollbringen, glauben wir gleichzeitig auszuführen."

Ähnlich wie sich SCHOPENHAUER Lesen als ein Nachvollziehen eines Gedankens Zug um Zug vorstellt, so betrachtet WEBER das Lesen wahrnehmungspsychologisch als ein Aneinanderreihen einzelner Buchstaben. Er gebraucht das Lesen als Beispiel für die Frage der Zeit, die notwendig ist, damit ein Gesichtseindruck ins Bewußtsein tritt, wie das Problem im damaligen Sprachgebrauch formuliert wurde. Weitere Untersuchungen dazu wurden von AUBERT (1872), DONDERS (1868), HELMHOLTZ (durchgeführt 1865-70, veröffentlicht 1872) und seinen Schülern EXNER (1868) und BAXT (1971) gemacht.

* In der folgenden Übersicht wird bewußt auf die Einbeziehung didaktischer Literatur über das Lesen verzichtet. Zusammenfassende Darstellungen hierüber geben z.B. KEHR (1889) oder GÖBELBECKER (1933). Zwar finden sich auch im didaktischen Bereich frühzeitig psychologische Arbeiten, z.B. WAITZ (1852), im allgemeinen jedoch stehen bei diesen Arbeiten die hier interessierenden psychologisch-physiologischen Aspekte des Leseprozesses im Hintergrund. Eine gute Übersicht über die ältere pädagogisch-psychologische Literatur gibt SCHLAG (1915).

Diese Arbeiten kann man als Anfänge der Leseforschung betrachten, obwohl die Buchstaben in diesen Versuchen nur die Objekte waren, an denen allgemeinere Fragen beantwortet werden sollten, wie die der Lokalisation des Ortes schärfsten Sehens oder der Bestimmung der für einen Gesichtseindruck notwendigen Reizdauer und Intensität.

Die ersten experimentellen Untersuchungen, die den Lesevorgang selbst zum Gegenstand hatten, stammen von Emil JAVAL, Bergbauingenieur, Augenarzt und erster Direktor des damals neugegründeten ophtalmologischen Laboratoriums der Sorbonne. Wesentliche Anregungen zu seinem "Essai sur la physiologie de la lecture" (1878, 1879) erhielt er offensichtlich durch die von ihm besorgte französische Übersetzung und Bearbeitung des Handbuches der Physiologischen Optik von HELMHOLTZ.

JAVAL beobachtete, daß der Blick beim Lesen nicht kontinuierlich über eine Zeile gleitet, wie dies bei oberflächlicher Selbstbeobachtung den Anschein hat, sondern daß sich die Augen ruckweise bewegen. Aus Nachbildern (ein zur damaligen Zeit in der Physiologie gebräuchliches Verfahren zur Untersuchung von Blickbewegung), die den parallelen Zeilen des Druckes entsprachen, schloß er, daß die Fixationspunkte auf einer Linie liegen müßten. Die Zahl der Fixationen pro Zeile ergab, daß pro Fixation ca. 10 Buchstaben aufgenommen werden können. Durch horizontale Teilung einer Zeile stellte er ferner fest, daß die obere Hälfte der Buchstaben von größerer Bedeutung für das richtige Erkennen der Zeichen ist als die unter Hälfte.

JAVALs Schüler LAMARE überprüfte diese Beobachtungen in langwierigen Versuchen. Seine Ergebnisse veröffentlichte er allerdings erst 1893. Da im Auge nur ein kleiner Teil des Gesichtsfeldes scharf abgebildet wird, muß die Zeile vom Lesenden in $n + 1$ Abschnitte geteilt werden. Werden beim Lesen einer Zeile 3 Rucke beobachtet, so wurde sie in vier Abschnitte aufgeteilt. Davon ausgehend war das Ziel seiner Untersuchungen, festzustellen, wieviele

Buchstaben in einem solchen Abschnitt enthalten sind, wie groß die Abschnitte sind sowie den Einfluß der Buchstabenformen zu bestimmen, (wobei das letztere ein Lieblingsthema JAVALS war, dem er einen sehr breiten Platz in seiner Forschung einräumte).

LAMARE verwendete zur Untersuchung dieser Fragen eine geniale Versuchsanordnung, der er selber allerdings nur geringe Aussagekraft zubilligte. Durch Aufsetzen einer stumpfen Spitze auf das Oberlid wurde das Geräusch des sich bewegenden Augapfels aufgenommen und über eine verstärkende Membran und einen Gummischlauch zum Ohr des VL geleitet; ein kurz dauerndes Geräusch bedeutete einen Leseruck, ein längeres einen Zeilensprung.

Mit dieser Versuchsanordnung stellte LAMARE im einzelnen Folgendes fest: Der Leser teilt die Zeile in Abschnitte von ca. 10 Buchstaben, die in rhythmischen Pausen gelesen werden; der Übergang von einem Abschnitt zum nächsten geschieht mit einem sehr lebhaften Ruck, während dessen Dauer kein "Lesen" stattfindet. Die Zahl der Fixationen bleibt gleich, unabhängig von der Entfernung des Buches vom Auge (0,30 - 1,00 m).

Bei Fixation eines beliebigen Buchstabens in der Mitte einer Zeile beträgt der lesbare Raum für Buchstaben von 11 Punkten 34 mm und enthält 21,7 Buchstaben. Innerhalb dieses Raumes gibt es allerdings Buchstaben, die mehr erraten als gesehen werden. Berücksichtigt man nur die Buchstaben, welche sofort scharf erscheinen, so verkleinert sich die lesbare Strecke auf die Hälfte, im Mittel auf 17 mm mit 10,8 Buchstaben. Eine zusammenfassende Darstellung der Untersuchung von JAVAL und LAMARE findet sich bei JAVAL (1907).

Methodische Bedenken veranlaßten LANDOLT, ebenfalls an der Sorbonne tätig, durch direkte Beobachtung des Auges die Ergebnisse LAMARES zu prüfen. Er konnte die Ergebnisse bestätigen.

Ferner stellte er fest, daß das Lesen fremder Sprachen mehr Fixationen erfordert, ebenso das Lesen verstümmelter Texte.

Offensichtlich unabhängig von den Arbeiten JAVALS und seiner Schüler entwickelte sich in Deutschland und in den USA eine eigene Leseforschung.

Sowohl die verwendeten Versuchsgeräte (HELMHOLTZsches Tachistoskop) als auch die Versuchsanordnungen machen deutlich, daß auch in diesen Arbeiten wesentliche Anregungen aus der Physiologie kamen. Die Untersuchungen erhielten im Leipziger Laboratorium WUNDTs allerdings dann eine mehr psychologische Ausrichtung, als dies in den von physiologischen und opthalmologischen Interessen geleiteten Arbeiten JAVALS der Fall war.

In einer Reihe von Experimenten untersuchte CATTEL (1885, 1886a, 1886b) u.a. die für Buchstaben notwendigen Erkennungs- und Benennungszeiten (in der Terminologie seines Lehrers WUNDT die Unterscheidungs- und Wahlzeiten für Buchstaben). Zur Bestimmung dieser Zeiten brachte CATTELL Buchstaben auf einem rotierenden Zylinder an, vor dem sich ein Schirm mit einem variablen Spalt befand. Bei 1 cm Spaltbreite war jeweils ein Buchstabe zu sehen, bei 2 cm zwei Buchstaben, und bei Spaltbreiten < 1 cm war zwischen den einzelnen Buchstaben eine weiße Stelle. Die Vpn lasen die Buchstaben laut vor. Die Zeit, welche für das Erkennen eines Buchstabens gebraucht wurde, lag bei ca. $1/4$ sec, für das Aussprechen wurde ungefähr $1/10$ sec benötigt. Während der $1/4$ sec, die benötigt wurde, einen Buchstaben zu erkennen, wurde der vorangegangene ausgesprochen. Die Zeit zum Erkennen verkürzte sich um $1/40$ sec für jeden Buchstaben, wenn zwei gleichzeitig sichtbar waren, bei drei Buchstaben nochmals um je $1/60$ sec. Ab 6 Buchstaben trat keine weitere Verkürzung ein.

Als nächstes wurde die Zeit für das Lesen von Wörtern bestimmt. Es zeigte sich, daß sie wesentlich von der Kenntnis der Sprache abhängig ist und davon, ob die Wörter in einem

sinnvollen Kontext geboten werden. (CATTELL benötigte für ein englisches Wort $\bar{X} = 140$ ms, für ein deutsches Wort $\bar{X} = 250$ ms.) Wesentlich war dabei, daß die Zeit für das Lesen von Wörtern nicht wesentlich von derjenigen für Buchstaben differierte. Dies bildete eine wesentliche Grundlage für die spätere sog. ganzheitliche Betrachtung des Lesevorgangs.

Ungefähr zur selben Zeit erschien von GRASHEY (1885) eine psychiatrische Arbeit über die Aphasie und ihre Beziehung zur Wahrnehmung, in der eine sehr differenzierte theoretische Analyse des Leseprozesses unternommen wurde, die als Gegenposition zu der von CATTELL vertretenen Ansicht angesehen werden muß. GRASHEY vertritt eine heute als "synthetisch" bezeichnete Auffassung, wonach die einzelnen Buchstaben sukzessiv die macula lutea passieren, auch wenn das zu lesende Wort als Ganzes auf der Retina abgebildet wird. In entsprechender Weise hat man sich vorzustellen, daß aus den einzelnen Lauten das Klangbild (ein von GRASHEY geprägter Begriff) eines Wortes entsteht.

Eine erste experimentelle Behandlung dieser Thematik versuchten GOLDSCHIEDER und MÜLLER (1893), nachdem zuvor RIEGER (1888), WERNICKE (1886) und LÖWENFELD (1892) sich des Problems mit mehr theoretisch kasuistischen Argumenten angenommen hatten. Nach Durchsicht dieser und einiger weiterer Arbeiten kommen GOLDSCHIEDER und MÜLLER zu folgender Schlußfolgerung als Ausgangspunkt für ihre Experimente: "Einen wissenschaftlichen und genügenden Beweis für die Ansicht, daß das Lesen durchweg buchstabierend stattfindet, können wir in den Ausführungen weder GRASHEY's noch WERNICKE's finden. Andererseits erschien uns von Anfang an die Anschauung von dem 'Lesen in Wortbildern' etwas unklar. Welche Rolle sollen im 'Wortbild' die Bilder der einzelnen Buchstaben spielen? Gibt es überhaupt ein Wortbild im Gegensatz zur Reihe der Buchstabenbilder?" (GOLDSCHIEDER und MÜLLER 1893, S. 132). In den Versuchen wurden den Vpn Wörter dargeboten,

in denen Buchstaben fehlten (M k do, C ntr m, D a nose). Dabei wurde festgestellt, daß Buchstaben als "mit Sicherheit erkannt" bezeichnet wurden, obwohl sie gar nicht dastanden. Daraus schlossen die Autoren, daß es einen Gegensatz zwischen buchstabierendem Lesen und Lesen in Wortbildern nicht gibt. "Wir befolgen beim Lesen die verschiedensten Wege: Einzel-Buchstabiren, gruppenweises Erkennen, Errathen etc. durch einander, ganz nach Rücksicht, wie wir am schnellsten zum Ziel gelangen" (S. 163).

Bei dem bis hierher skizzierten Stand des Problems setzt die Arbeit von ERDMANN und DODGE (1898) an. Sie muß mit ihren vorbildlich durchgeführten Untersuchungen und differenzierten Analysen der Ergebnisse als grundlegend angesehen werden für die gesamte weitere Lesepsychologie. Ausgangspunkt der Untersuchung ist die Frage, ob das Lesen buchstabierend (successiv) stattfindet oder ob die Worte simultan aufgefaßt werden.

Für die erste Annahme werden von ERDMANN und DODGE vor allem physiologische Überlegungen und Versuchsergebnisse geltend gemacht. So etwa solche von HELMHOLTZ, wenn dieser schreibt, daß es als ein gesichertes Ergebnis der physiologischen Optik anzusehen sei, daß das Gesichtsfeld des ruhenden Auges "einer Zeichnung entspricht, in der zwar der wichtigste Teil des Ganzen sorgfältig ausgeführt ist, die Umgebungen aber nur skizzirt, und zwar desto roher skizzirt, je weiter sie von dem Hauptgegenstand abstehen. Nur in einer kleinen, sehr eng begrenzten Stelle des Gesichtsfeldes sind die Bilder deutlich, ja wir sehen in der Regel nur den einen Punkt deutlich, welchen wir fixiren, alle übrigen undeutlich" (HELMHOLTZ 1896, S. 87).

Dem stehen jedoch Beobachtungen entgegen, die dafür sprechen, daß ganze Wörter simultan erfaßt werden, so die bereits beschriebenen Arbeiten CATTELLs. Da buchstabierendes Lesen bei der vermuteten Kleinheit des Bereichs schärfsten Sehens

zu einer Vielzahl von rechtsseitigen Blickbewegungen führen müßte, untersuchten ERDMANN und DODGE die Bewegungen der Augen. Hierzu wählten sie eine sehr einfache Versuchsanordnung: Neben dem zu lesenden Text wurde ein Spiegel so angebracht, daß der Vl die Bewegungen eines Auges der Vp direkt beobachten konnte.

Im einzelnen stellten ERDMANN und DODGE Folgendes fest: Beim Lesen eines verständlichen Textes mit unverrückter Kopfhaltung findet ein regelmäßiger Wechsel zwischen Ruhepausen und Bewegungen des Auges statt. Die Zahl der Ruhepausen pro Zeile ist wesentlich kleiner als die Zahl der Buchstaben. Beim Lesen eines geläufigen Textes ist die Zahl der Ruhepausen pro Zeile nahezu konstant. Die Zahl der Pausen ist bei einem geläufigen Text etwas kleiner als bei einem weniger geläufigen Text. Je geläufiger ein Text ist, um so gleichmäßiger wird die Dauer der Pausen und Bewegungen. Die Zahl der Ruhepausen schwankte bei den Versuchen im allgemeinen zwischen 3 und 5 und ging bis maximal 9 pro Zeile. Im Durchschnitt entfallen auf den einzelnen Doppelzustand (Ruhepause und Bewegung) 12 - 13 Buchstaben. Beim Korrekturlesen erhöht sich die Zahl der Ruhepausen auf 14 - 16 pro Zeile, entsprechend kommen auf einen Doppelzustand ca. 4 Buchstaben. Die Dauer einer Ruhepause schwankte in den Versuchen zwischen 250 - 400 ms, demgegenüber beträgt die Dauer einer Bewegung nur ca. 20 ms. Hieraus schlossen ERDMANN und DODGE, daß während der Bewegung zwischen schwarzen und weißen Textelementen ein so rascher Wechsel erfolgt, daß nichts erkannt werden kann, so daß das optische Erkennen der Schriftzeichen ausschließlich während der Ruhepausen des Auges erfolgen muß. Sie konnten damit eine vor allem von HERING vertretene Theorie widerlegen, daß nur bei bewegtem Auge wahrgenommen wird. Zur Prüfung des Umfanges des bei einer Ruhepause des Auges Wahrgenommenen ließen ERDMANN und DODGE eine beliebige Stelle eines Textes fixieren. Sie kamen zum Ergebnis, daß ca. 6 - 7 Buchstaben simultan erkannt werden können. Dabei zerfällt das Lesefeld in eine Zone, in der die Schriftzeichen deutlich wahrgenommen werden können und ein darum herumliegendes Gebiet undeutlichen Wahrnehmens, das aber ein für das Auffassen eines Textes hinreichendes Erkennen zuläßt. Darüber hinaus unterscheiden ERDMANN und DODGE noch ein drittes Sehgebiet, das außerhalb des eigentlichen Lesefeldes liegt und zur Zone des indirekten Sehens gehört. Es bildet sich auf dem peripheren Teil der Retina ab und gewinnt seine Bedeutung nach Auffassung der beiden Autoren durch seine blickführende Funktion.

Mit Hilfe einer Brille, die das Sehen der Vp auf die fovea centralis beschränkte, konnte MEUMANN (1914) diese Auffassung bestätigen. Bei tachistoskopischen Versuchen fanden ERDMANN und DODGE ferner, daß bei unbewegtem Auge 4 - 5 zusammenhanglose Buchstaben simultan aufgefaßt werden können,

weitgehend unabhängig von der Expositionszeit (100 - 250 ms). Demgegenüber können ca. 16 - 25 Buchstaben, im sinnvollen Wortzusammenhang dargeboten, richtig reproduziert werden, wobei die Vp durchaus den Eindruck hat, alle Buchstaben gleich deutlich aufgefaßt zu haben.

Auf Grund ihrer Untersuchungsergebnisse formulierten ERDMANN und DODGE eine Theorie des Lesens, derzufolge das Worterkennen aus einer Verbindung zwischen den deutlich erkannten Buchstaben und der Gesamtform eines Wortes resultiere. Unter anderem sollte damit der Diskrepanz (die auch schon von CATTELL beobachtet worden ist) zwischen der Erkennungsleistung bei unverbundenen Buchstaben (in der Regel 6 - 7) und zu sinnvollen Wörtern verbundenen Buchstaben (16 - 25 Buchstaben) Rechnung getragen werden.

Eine genauere Beschreibung dessen, was unter Gesamtform zu verstehen ist, findet sich bei MESSMER: "Das Wortbild besteht seinem optischen Gesamtcharakter nach aus einem schwarzen Streifen von relativ abschätzbarer Länge, über den einzelne rhythmisierende Gipfel dominieren und der seinem Hauptcharakter nach aus senkrechten Strichen besteht, deren Starrheit belebt wird durch mehr oder weniger häufige Zeichen gebogener Form (MESSMER 1904, S. 33).

Die Theorie der Gesamtform trug ERDMANN und DODGE vielfältige Kritik ein und ließ alle anderen Ergebnisse ihrer Arbeit - zumindest in Deutschland - geradezu in Vergessenheit geraten. Darüber hinaus bestimmte die Gesamtform-Diskussion 30 Jahre lang den Gang der Leseforschung und wirkt heute noch in dem nutzlosen theoretischen Streit um den ganzheitlichen bzw. synthetischen Leseunterricht nach.

Die heftigste Kritik an der Gesamtformtheorie kam zunächst aus dem Umkreis von WUNDT, vor allem von ZEITLER (1900), später dann von WIEGAND (1908), HELLER (1911), KÜNZLER (1913) und WAGNER (1918). Insgesamt hielten sich jedoch Gegner und Befürworter die Waage. Zu den letzteren zählten

WIRTH (1902), BECHER (1904), MESSMER (1904), SCHUMANN (1907), KUTZNER (1916), HOFMANN (1926).

Eine sehr gründliche Arbeit, die die wesentlichsten bis zu diesem Zeitpunkt diskutierten Aspekte des Lesens zu berücksichtigen versucht, ist die von THORNER (1929) und HEIMANN und THORNER (1929). Darin werden die von fast allen Autoren als Gegensätze zum Hauptgegenstand der Experimente gemachten Fragen der Gesamtform im Gegensatz zu den dominierenden Buchstaben (Simultaneität und Sukzession) in einem Sowohl-als-auch aufgehoben (eine Auffassung, die übrigens auch ERDMANN und DODGE tatsächlich selbst vertreten hatten).

Eine tabellarische Übersicht über die wichtigsten Ergebnisse aus den Experimenten der hier genannten Autoren befindet sich im Anhang (S. 1 - 4).

Eine Überlegung von SCHUMANN muß in diesem Zusammenhang besonders hervorgehoben werden, wonach der Unterschied in der Erkennungsleistung zwischen sinnvollen Wörtern und sinnlosen Buchstabenkombinationen auch als ein Gedächtnisphänomen gedeutet werden muß: "So werden denn auch Wörter von 25 Buchstaben deshalb erkannt, weil das einheitliche Vorstellungsbild eines ganzen Wortes leichter reproduziert werden kann als die Vorstellungsbilder von 25 nicht zusammenhängenden Buchstaben" (SCHUMANN 1907, S. 171).

Ein Verdikt über die Diskussion um die Gesamtform formuliert später KARL BÜHLER in seiner Sprachtheorie: "Als die Psychologen vor vierzig Jahren den ersten Vorstoß machten zu einer modernen Analyse der Prozesse des Lesens von Druckschriften, war dies der erste Punkt, über den sie sich nicht sofort zu einigen vermochten, ob das gedruckte Wortbild am Gesicht oder am Signalelement erkannt wird.

B. ERDMANN und DODGE waren Vertreter einer Gestalttheorie, sie nannten das Entscheidende die optische 'Gesamtform', während WUNDT die Gegenthese verfocht, daß das Wortbild am Signalelement der 'determinierenden Buchstaben' erfaßt wird. Die Diskussion verlief damals im Sand und verdient heute nicht mehr so unzulänglich, wie sie geführt wurde, erneuert zu werden" (K. BÜHLER 1934, S. 277).

Ein mindestens ebenso beklagenswerter Punkt wie die von BÜHLER kritisierte Fruchtlosigkeit der Gesamtform-Diskussion ist in der Beschränkung auf eine Leseforschung im Zeichen des Tachistoskops zu sehen.

Verantwortlich dafür war wahrscheinlich vor allem das außerordentlich hohe Maß an Perfektionierung der Methoden, der Apparate und der Versuchsanordnung, die das Tachistoskop ermöglichte, das geradezu zugeschnitten war auf das Laboratorium WUNDTscher Provenienz. An diesem einseitigen Weg der Leseforschung wurde mehrfach Kritik geübt, so z.B. von KUTZNER (1916).

Eine Ausnahme, die besondere Erwähnung verdient, stellt in diesem Zusammenhang die in jeder Hinsicht ungewöhnliche Arbeit von HÖNIGSWALD (1939) dar: Ausgehend von einer außerordentlich differenzierten Phänomenologie des Lesens, die weit über die von ERDMANN und DODGE mitgeteilten Beobachtungen hinausgeht, entwickelt HÖNIGSWALD eine psychologische Theorie des Lesens. Man fragt sich nach dem Studium der Arbeit, was man mehr bewundern soll, die sensible psychologische Beschreibung des Leseprozesses oder die differenzierten Beobachtungen der Vpn.

HÖNIGSWALD kritisiert die tachistoskopischen Leseversuche, da sie im günstigsten Fall einen Grenzwert der beim natürlichen Lesen ausschlaggebenden Verhältnisse abbilden könnten. Deshalb untersucht er das Lesen zusammenhängender Texte einer geläufigen Sprache, wobei er sein besonderes Augenmerk auf den "Mechanismus des Lesens" richtet, d.h. auf die "Rucke" und "Leseпаusen".

Gemessen an der geradezu schwelgerischen Beschreibung der Versuchsanordnung, wie man sie vom tachistoskopischen Experiment gewohnt ist, fällt die Methodendarstellung von HÖNIGSWALD etwas karg aus: "Den Daten des geübten Beobachters trat allenthalben die Selbstbeobachtung der Lesenden ergänzend und kontrollierend an die Seite" (S. 63). "Fast alle unsere Beobachter - etwa acht bis zehn - waren nach einiger Übung schließlich dieses Ruckerlebnisses (bei den Augenbewegungen) in einem weit über der Bewußtseinsschwelle gelegenen Maße ohne Schmälerung des Leseerlebnisses fähig ... Die Rucke kennzeichneten sich immer als Organerlebnisse" (S. 64).

Als Lesevorlagen verwendete HÖNIGSWALD geläufige deutsche Texte, die zum Teil farbige, fettgedruckte oder typenverschiedene Buchstaben und Wörter enthielten.

Bei "glattem deutschem Text" beobachtete HÖNIGSWALD bei 9 - 11 Worte umfassenden Zeilen ca. 4 Rucke, bei schwierigem Text 7 und mehr. Die Rucke begrenzten häufig die Sinnbestände des Textes. Obwohl die Synsemantik ihrer eigenen Gesetzmäßigkeit folgt, interferiert sie seiner Meinung nach doch vielfach mit der "physiologischen" Augenbewegung. Die Bewegung des Auges steht mit anderen Worten im Dienst der Synsemantik, d.h. des Verständnisses des ganzen Satzes, ohne dadurch allerdings erschöpfend gekennzeichnet zu sein, woran sich die einheitliche und doch wieder charakteristisch differenzierte psycho-physiologische Natur des Lesens manifestiert. Die Verwendung von in den Text eingestreuten fettgedruckten, besonders aber von farbigen Wörtern und Buchstaben führt zu einer Verlangsamung der Augenbewegungen.

Es lassen sich beim Lesen "innerwörtliche" und "zwischenwörtliche" Rucke unterscheiden. Beim Korrekturlesen überwiegen die innerwörtlichen Rucke. Im Mittelwert dauert ein einzelner Ruck ca. 25 ms, wobei starke intra- und interindividuelle Schwankungen zu beobachten sind.

Die Rucke sind gelegentlich - bis zu fast manifestem Nystagmus - rückläufig, was sich als Funktion der Textschwierigkeit darstellt, d.h. die Rückwendungen der Augen gehen in gewisser Weise synchron mit einer Rückwendung der Aufmerksamkeit. Das periphere Sehen stellt eine wesentliche Bedingung für die Leseleistung dar. Wird es beeinträchtigt, so fehlt dem Lesen die Richtungstendenz, die Rucke werden gleichsam funktionslos, vielfach überstark und unkoordiniert.

Für die Geläufigkeit des Lesens wirkt sich in stärkstem Maß die Apperzeption des Zeichenwertes der Buchstabengestalten aus. Dieser Vorgang wird wesentlich von der Größe der Buchstaben bestimmt, sind sie zu groß oder zu klein, zerfällt die Gestalt der Buchstaben, was in gewissem Umfang auch für die Abstände zwischen den Buchstaben gilt.

Der Vorgang des Lesens stellt sich für HÖNIGSWALD nach den Erlebnisschilderungen seiner Vpn folgendermaßen dar: Die Lesebestände treten nicht in diskreter Folge nacheinander ins optische und geistige Gesichtsfeld, um sich erst in weiterer zeitlicher Folge miteinander zur Einheit von Sinnbezügen und Sinnzusammenhängen zu verknüpfen. Vielmehr geht vom ersten Wortkomplex gleichsam ein Faden des Verständnisses aus, an dem sich der weitere Lesestoff aufreiht. Die sich dadurch ergebende Gliederung des Lesestoffes spiegelt sich in etwa im Erleben in der optischen Deutlichkeit der Textvorlage. Wo der Faden des Verständnisses über vorläufig blasse Strecken läuft, da verblassen im wörtlichen Sinn die optisch dargebotenen Elemente. Ferner fallen mit diesem Faden des Verständnisses die Lesebewegungen der Augen weithin zusammen. Das bisher Gesagte gilt zunächst nur für das leise Lesen der deutschen Sprache. Feststellungen über Abfolgen und Verstrickungen der Wortgruppen und ihrer Sinnkorrelate sind von den syntaktischen Strukturen der gelesenen Sprache abhängig. Das mehr hypotaktische oder parataktische Gefüge der betreffenden

Sprache ist für die Zusammenfassung von Wortkomplexen bedeutsam. Es gilt für eine Sprache, bei der man gleichsam das Ende der ineinandergefügten Sätze erst abwarten muß, ehe man eine verstehende Abbildung von Wortkomplexen auf den Anfang vorzunehmen vermag.

Als auffälligste Veränderung beim lauten Lesen tritt eine Verlangsamung des Lesetempos auf, die etwa parallel zur Lautstärke verläuft. Die für das leise Lesen charakteristischen Vorwegnahmen und Rückläufe verzögern sich merklich, und die Leseleistung verringert sich bis zu einem Drittel. Der Faden des Verständnisses spinnt sich vielfach schwerer, dabei bedeutet zumeist die Anwesenheit von Zuhörern eine entscheidende Hemmung.

3.1 Die Untersuchung der Augenbewegungen beim Lesen

Die zitierten Arbeiten von ERDMANN und DODGE sowie von HÖNIGSWALD ausgenommen, wurde kein anderer Aspekt des Lesens in Deutschland so lange und so gründlich in der Diskussion ausgespart wie die Augenbewegungen. Sie wurden auf experimentellem Weg durch die Wahl von Expositionszeiten zwischen 2 ms und 143 ms (siehe Anhang S. 1 - 4) in ihrer Wirkung weitgehend ausgeschaltet. Ein lebendiges Beispiel dafür, wie der Gerätepark und die hierdurch gleichsam institutionalisierte Methodik ganze Fragenkomplexe unzugänglich macht.

In den USA wurde demgegenüber die Untersuchung der Augenbewegungen mit großem Nachdruck vorangetrieben. Im Verlauf weniger Jahre wurden verschiedenste Registriermethoden entwickelt: DELABARRE (1898) übertrug mittels eines auf der Cornea befestigten Schreibzeigers die Augenbewegungen direkt auf einen Kymographion. HUEY arbeitete nach demselben Prinzip und konnte mit dieser Versuchsanordnung Leseversuche durchführen, da es ihm gelang,

das Gewicht des vom Auge zu bewegenden Zeigersystems unter ein halbes Gramm zu reduzieren (HUEY 1908). DODGE, inzwischen aus Deutschland in die USA zurückgekehrt, entwickelte eine photographische Methode, bei der ein von der Cornea reflektierter und durch eine Linse gebündelter Lichtstrahl auf einer bewegten photographischen Platte aufgezeichnet wurde (DODGE und CLINE 1901). Dieses Verfahren wurde später mit dem sogenannten Photokymographion weiterentwickelt und stellte das wichtigste Instrument der Leseforschung dar. JUDD (1905, 1907) schließlich stellte ein Verfahren vor, bei dem die Bewegungen der Augen mit einer Filmkamera aufgezeichnet wurden (zunächst mit 9 Bildern pro Sekunde).

Mit der Registriermethode nach DODGE erzielte DEARBORN (1906) für vier Erwachsene folgende Kennwerte der Augenbewegungen beim Lesen von Zeitungszeilen.

Vp Nr.	Mittl. Fix.Anz. pro Zeile	Mittl. Dauer der Fix. in ms
1	3.8	161
2	3.9	216
3	5.5	255
4	5.4	402

Tab. 1: Fixationsanzahl und mittlere Fixationsdauer beim Lesen von Zeitungszeilen nach DEARBORN (1906)

Die mittlere Dauer der Zeilenrücksprünge (des Wechsels vom Ende einer Zeile zum Anfang der nächsten) gibt DEARBORN mit 40 ms an. Die Sprünge zwischen den einzelnen Fixationsarten innerhalb einer Zeile dauerten im Durchschnitt 22 ms.

In einem Beispiel von JUDD und BUSWELL (1922) sehen die Verteilung, die Reihenfolge und die Dauer der Fixationen beim Lesen folgendermaßen aus (Vp war ein Student):

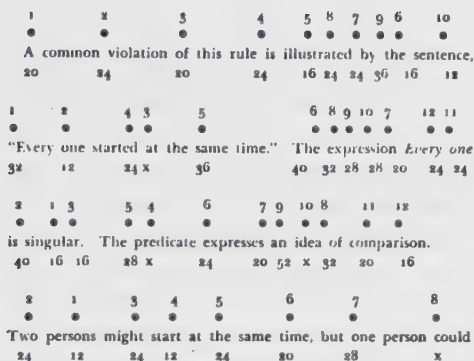


Abb. 1: Verteilung, Reihenfolge und Dauer der Fixationen beim Lesen eines Textes. Die Punkte markieren den Fixationsort, die Zahlen darüber die Reihenfolge der Fixationen. Unter der Zeile: Fixationsdauer in ms. X steht für nicht zu ermittelnde Werte. (Nach JUDD und BUSWELL, 1922)

In einer weiteren Arbeit untersuchte BUSWELL (1922) die Kennwerte der Augenbewegungen von Schülern verschiedener Altersstufen und dementsprechend unterschiedlicher Lesefertigkeit. Von jeder Klasse wurden 8 bis 19 Kinder und Jugendliche zum Versuch herangezogen (Tab. 2).

TINKER (1928) verglich das Verhältnis von Augenbewegungsdauer zur Gesamtlesezeit bei verschiedenen schweren Texten, dabei verwendete er folgende Lesevorlagen: einen einfachen wissenschaftlichen Text, einen Text aus einem Chemie-Buch mit einigen Formeln, einen Text aus einem Algebra-Buch mit einigen Formeln und schließlich eine Vorlage, die nur aus

Klasse	Mittlere Fix.Anzahl	Mittlere Dauer der Fix. in ms	Mittlere Zahl d. Rücksprünge
I B	18,6	660	5,1
I A	15,5	432	4,0
II	10,7	364	2,3
III	8,9	316	1,8
IV	7,3	268	1,4
V	6,9	252	1,3
VI	7,3	236	1,6
VII	6,8	240	1,5
High school I	7,2	244	1,0
" " II	5,8	248	0,7
" " III	5,5	224	0,7
" " IV	6,4	248	0,7
College	5,9	254	0,5

Tab. 2: Kennwerte der Augenbewegung nach BUSWELL (1922)

Algebra-Formeln bestand. In allen Fällen entfielen weniger als 10 % der Gesamtlesezeit auf die Bewegungen der Augen (bei Prosa-Texten 7,6 %, bei Chemie-Texten 6,6 %, bei Algebra-Texten 6,5 % und bei Algebra-Formeln 2,8 % der Gesamtlesezeit). Das Verhältnis der Augenbewegungszeit zur Gesamtlesezeit stand in folgender Beziehung zum Leseverhalten: Je sorgfältiger und analytischer der Leser war, desto kleiner war der Anteil der Augenbewegungszeit an der Gesamtlesezeit.

Der weitere Fortgang der Augenbewegungsuntersuchungen- woran die Arbeiten der Reading Clinic der University of Iowa (u.a. ANDERSON, FAIRBANKS, ROBINSON, TIFFIN und WALKER) wesentlichen Anteil hatten - ergibt folgendes Bild:

Das Lesen läßt sich als ein Durchmustern der Zeile mit den Augen beschreiben. Die dabei ausgeführten Augenbewegungen und Fixationen sind zu einem wesentlichen Teil ein Ausdruck

des Aufmerksamkeitsflusses, des mit dem Lesen einhergehenden zentralen Verarbeitungsprozesses, und weniger Ausdruck des Wahrnehmungsprozesses. Ist ein einzelnes Wort oder eine ganze Textpassage unklar (in der äußeren Form oder im Inhalt) oder vielleicht auch nur von besonderem Interesse, so findet dies seinen Niederschlag in einer größeren Zahl dichter beieinanderliegender Fixationen und eventuell auch in einigen Rücksprüngen. Dies heißt jedoch nicht, daß sich die Fixationen im allgemeinen nach einzelnen Buchstaben oder Wörtern richten. Für den Leser besteht hierzu keine Notwendigkeit. Wie sich aus den bereits geschilderten tachistoskopischen Leseversuchen ergeben hat, können unter günstigen Bedingungen bei einer Expositionsdauer von 100 ms Wörter mit mehr als 20 Buchstaben identifiziert werden (THORNER 1928).

Die Augenbewegungen unterscheiden sich im Grad ihrer Willkürlichkeit. Kopfbewegungen oder auch unvollkommene Konvergenz - etwa beim Sprung zur nächsten Zeile - können unwillkürlich kompensatorische Bewegungen hervorrufen.

Beim durchschnittlichen Leser ist die Bewegung der Augen entlang der Zeile verhältnismäßig exakt, d.h. Abweichungen von der Horizontalen, sofern sie auftreten, sind gering.

Die Bewegungsgeschwindigkeit des Auges ist weitgehend invariant. Beim Lesen eines Textes entfallen auf Augenbewegungen nur etwa 5 % der Gesamtlesezeit (TINKER 1928). Demgegenüber variiert vor allem die Zahl der Fixationen beträchtlich. Dies hängt wesentlich von der Schwierigkeit des Textes und von der Lesefertigkeit ab, aber auch von der Intention, mit der ein Text gelesen wird. Die Absicht, sich das Gelesene einzuprägen, führt zu mehr Fixationen als das bloße Durchlesen eines Textes (ANDERSON 1937). Ebenso wirkt sich eine Beschleunigung des Lesens (Schnell-Lesetraining) vor allem auf die Fixationsanzahl reduzierend aus, nicht aber auf die Fixationsdauer (ROBINSON 1933). Die Dauer der einzelnen Fixation hängt ebenfalls von der Textschwierigkeit, der Lesefertigkeit und der Lese-Intention ab, darüber

hinaus jedoch auch von der relativen Position des Fixationsortes in der Zeile. Nach WOODWORTH (1938) entfallen auf das erste Viertel der Zeile 30 % der Gesamtfixationszeit. Die Variation der Fixationsdauer ist jedoch wesentlich geringer als die der Fixationsanzahl. Bei guten Lesern liegt die mittlere Fixationsdauer bei ca. 210 ms, bei schlechten Lesern bei ca. 260 ms (WALKER 1933, ANDERSON 1937).

Das Leseverhalten von Kindern unterscheidet sich deutlich von dem erwachsener Vpn sowohl hinsichtlich der Fixationsdauer als auch der Fixationsanzahl. Die Bewegungen der Augen sind insgesamt weniger exakt und weisen pro Zeile wesentlich mehr Rücksprünge auf, als dies beim Lesen Erwachsener der Fall ist. TAYLOR (1957) stellte fest, daß 23 % der Augenbewegungen von Erstklässlern Rücksprünge sind, bei College-Studenten demgegenüber nur 15 %.

Nach den Arbeiten von ANDERSON, TINKER und WALKER tritt in der Leseforschung die Untersuchung des "Lesemechanismus" in den Hintergrund. Das Interesse der Untersucher verlagert sich auf andere Fragestellungen, wie die des Trainings von Augenbewegungen, der Synchronisation von Auge und Stimme ("eye-voice-span"), des Leseversagens, der Konstruktion von Lesetests etc.

Das folgende Zitat gibt vielleicht einen Hinweis auf die einer solchen Entwicklung innewohnende allgemeine Gesetzmäßigkeit: "We conclude the discussion of eye movements by considering an even more complex task, namely reading. Now, no doubt, many students may find this, too, much too simple a task. They are interested in much more complicated questions: What do the quarterback's eye movements tell his opponents about the plan of the forthcoming play? ... The answers to questions of this sort for the most part still need to be worked out. The characteristics of eye movements during reading were studied extensively in the first part of the century (very little new information has been added in the last twenty

years)" ALPERN 1971, S. 389 . Zwischen den Zeilen ist die Sorge des Autors spürbar, daß Ergebnisse der Forschung vor- schnell nach ihrer Anwendbarkeit beurteilt werden, statt zu einer Bedingungsanalyse und damit zum zunehmenden Verständnis - hier der am Lesen beteiligten Faktoren - genutzt zu werden.

Im deutschen Sprachraum blieb die Grundlagenforschung zur Augenbewegung beim Lesen den Ophthalmologen vorbehalten, etwa E. AULHORN (1953), MACKENSEN und HARDER (1954), MACKENSEN (1958). Der Akzent bei diesen Untersuchungen lag vor allem auf der dia- gnostischen Valenz des Lesens für Funktionsstörungen des Auges.

Eine Arbeit von MACKENSEN (1960) gibt einen Überblick über die- sen Forschungsansatz: Die dargestellte Kasuistik umfaßt kon- genitale Wortblindheit, hemianopische und parazentrale Gesichtsfeldausfälle, Funktionsstörungen im Gesichtsfeldzentrum, Schiel- amblyopie und Spontannystagmus.

Verschiedene Funktionsstörungen des Sehorgans konnten mittels der Augenbewegungsregistrierung veranschaulicht werden. Bei Gesichtsfeldausfällen wurde als Voraussetzung für eine hinrei- chende Lesefunktion ein intakter Bereich von $3-5^{\circ}$ nach rechts ermittelt. Darüber hinaus scheint sich jedoch kein spezifisch differentialdiagnostischer Aspekt für die verschiedenen Störun- gen aus den Augenbewegungsuntersuchungen ergeben zu haben.

Bei augengesunden Personen zeigte sich eine Abhängigkeit der Lesegeschwindigkeit vom Bildungsgrad, was auch durch die Unter- suchung von BUSWELL (1922) gestützt wird. In einer späteren Untersuchung (MACKENSEN und STICHLER 1963) konnte dieser Un- terschied jedoch trotz einer umfangreichen Stichprobe von 622 Vpn statistisch nicht gesichert werden - möglicherweise aufgrund einer ungünstigen Datengruppierung ausschließlich nach der Berufsbezeichnung.

Besondere Aufmerksamkeit richtete MACKENSEN auf den motorischen Ablauf und die Steuerung der Augenbewegungen. Aus der Beobach- tung, daß der auf das Schriftbild projizierte Fixationsort kei- ne Beziehung zu Einzelheiten der Wort- und Silbenfolge erkennen

läßt und der individuellen Konstanz der mittleren Fixationszahl pro Zeile schließt er, daß das Fortschreiten in der Zeile, der rein motorische Ablauf, automatisch erfolgt. Den sich aus einem solchen Automatismus ergebenden Widerspruch zwischen der Abhängigkeit der Fixationsanzahl und -dauer von der Textschwierigkeit löst MACKENSEN in folgender Theorie des Lesevorgangs: "Das Netzhautbild einer Textzeile und die Absicht, zu lesen, rufen demnach automatisch Rechtsrucke hervor. Deshalb dürfen wir uns den Lesevorgang nicht als eine Folge von bewußt und gezielt ausgeführten Sprüngen vorstellen. Der motorische Ablauf wird vielmehr von einem - wahrscheinlich durch Übung erworbenen - Mechanismus angetrieben, in den psychische Impulse regelnd eingreifen, die sich nach dem Schwierigkeitsgrad, bestimmten Aufmerksamkeitszuwendungen und ähnlichem richten." (MACKENSEN 1960, S. 376).

Eine Augenbewegungsuntersuchung mit psychologischem Akzent wurde in jüngster Zeit von VANECEK (1972) vorgelegt. Er untersuchte die Fixationsdauer und die Fixationsfrequenz beim stillen Lesen von Sprachapproximationen verschiedener Ordnungsgrade.

Ausgangspunkt seiner Überlegungen war dieselbe Frage, der auch MACKENSEN nachging: die Steuerung der Fixationen in Abhängigkeit von der Textschwierigkeit. Die Erklärung hierfür wird von VANECEK (im Anschluß an CHERRY 1956) in der Wirkung des peripheren Sehens gesucht. "Der Ansatz CHERRYs bringt uns einer Erklärung der reduzierten Fixationshäufigkeit in leichten Texten einen Schritt näher. Aufgrund seiner Überlegungen könnte man die Theorie aufstellen, daß der Leser unbewußte Hypothesen über den nachfolgenden Text bildet, die durch das peripher erfaßte Schriftbild bestätigt oder widerlegt werden. Je gebräuchlicher die Wörter und je flüssiger der Stil, desto breiter wird die Blickspanne ..." (VANECEK 1972, S. 672). Die Variation des Schwierigkeitsgrades wurde durch die Herstellung von Sprachapproximationen nach MILLER und SELFRIDGE erreicht. Approximationen 0. Ordnung bestanden aus zufällig aus einem Wörterbuch entnommenen, Approximationen 1. Ordnung aus zufällig

aus einem Roman entnommenen Wörtern. Die Sprachapproximationen 3. und 5. Ordnung entstanden dadurch, daß auf einem langen Zettel ganz oben zwei (bzw. vier) Wörter standen, zu denen eine Vp ein sinnvolles Wort hinzufügen mußte. Dann wurde der Streifen so gefaltet, daß das erste Wort der Wortgruppe verdeckt war und an eine andere Vp weitergegeben. Dieses Verfahren wurde (mit 10 Vpn) so lange fortgesetzt, bis ein aus 300 Wörtern bestehender Text erreicht war. Ferner wurden ein schwerer und ein leichter sinnvoller Text und Zufallsabfolgen der Wörter dieses Textes verwendet. Die Registrierung der Blickbewegung erfolgte, wie übrigens auch in den Arbeiten von MACKENSEN, elektrookulographisch. (Auf dieses Verfahren wird im nächsten Kapitel der Arbeit noch ausführlich eingegangen werden.)

VANECEKs Versuch ergab, daß sich die Lesezeit mit zunehmendem Ordnungsgrad der Sprachapproximationen reduziert, ebenso die Anzahl der Fixationen. Da die Texte jedoch unterschiedlich lange Wörter enthielten, wurden zusätzlich "Silben pro Fixation" errechnet. Dies führte insofern zu einem paradoxen Ergebnis, als bei schwierigen Texten mehr Silben pro Fixation aufgenommen wurden. Dieser Widerspruch soll durch die Tabelle 11 der Arbeit von VANECEK geklärt werden, die jedoch leider mitzuteilen vergessen wurde. Die Tabelle soll die Fixationen, bezogen auf das Einzelwort, enthalten. Vermutlich wurde also die Anzahl der Fixationen pro Text durch die Anzahl der Wörter des Textes geteilt. Aus einem Wert um 1 wird geschlossen, daß jedes Wort des Textes einmal angesehen wurde, ein Schluß, der als unzulässig angesehen werden muß, da bei der Auszählung der Fixationsanzahl nicht zwischen Fixationen nach Vor- und Rücksprüngen unterschieden wurde.

Die Fixationsdauer wurde rechnerisch mittels Division der Lesezeit durch die Anzahl der Fixationen ermittelt. Dieser Quotient wurde dann um 10 % reduziert, da dies nach TINKER der Zeitanteil ist, der auf Sprünge entfällt. (Sicherlich keine sehr glückliche Lösung, da TINKER, wie bereits dargestellt, ja gezeigt hat, daß der Prozentanteil der Zeit, der auf die

Sprünge entfällt, in Abhängigkeit von der Textschwierigkeit variiert.) Die mit diesen Werten gerechnete Varianzanalyse ergab, daß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des Textes sich die Fixationsdauer vergrößert.

Als Korrelation zwischen Fixationsfrequenz und Fixationszeit wird $r = 0,982$ angegeben, - ein Wert, der in dieser Höhe doch wohl Mißtrauen erregen muß. Leider ist der Arbeit nicht eindeutig zu entnehmen, was womit korreliert wurde. Möglicherweise handelt es sich um Mittelwerte, was die Höhe der Korrelation erklären könnte.

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die von VANECEK (1972) mitgeteilten Ergebnisse. Zur Berechnung der Spalte " $\bar{X}$ Fixationsdauer" scheinen jedoch andere als die in der Spalte "Lesezeit" und "Fixationsanzahl" mitgeteilten Werte verwendet worden zu sein, da eine Kontrolle nach dem von VANECEK angegebenen Rechenmodus zu abweichenden Werten für die mittlere Fixationsdauer führt: 0. Ordnung 295 ms, 1. Ordnung 271 ms, 3. Ordnung 258 ms etc.

VANECEK interpretiert seine Ergebnisse dahingehend, daß zunehmender Kontextgrad (=abnehmende Schwierigkeit) die Fixationsdauer und die Fixationsfrequenz senkt, da peripher erfaßte Schriftzeichen in den Decodierungsprozeß aufgenommen und verarbeitet werden können.

Dem könnte man eine andere Interpretation der Ergebnisse gegenüberstellen: Betrachtet man die Werte der Tabelle 3, so gewinnt man den Eindruck, daß die von VANECEK intendierte Abstufung der Schwierigkeitsgrade nur bedingt gelungen ist. Vielmehr scheint eine Abstufung der Sinnhaftigkeit der Texte erreicht worden zu sein (in der Tabelle mit X gekennzeichnet), die sich von den zufälligen Wortfolgen hinsichtlich der Lesezeit und der Fixationsanzahl deutlich unterscheidet. Für die "sinnvollen Texte" ergibt sich eine mittlere Lesezeit von 72,7 sec und eine mittlere Fixationsanzahl von 261,8 pro

Lesematerial	$\bar{X}$ Lesezeit in sec	$\bar{X}$ Fixations- anzahl	Silben pro Fix.	Fixations- dauer in ms
0. Ordnung	137,62	420,45	1,87	300,27
1. Ordnung	99,42	330,10	1,82	257,77
X 3. Ordnung	79,35	277,00	1,97	254,55
3. Ordnung Zufall	92,92	314,85	1,73	267,83
X 5. Ordnung	73,35	264,45	2,12	248,88
5. Ordnung Zufall	92,07	314,55	1,81	266,61
X Text schwer	71,28	264,05	2,53	244,66
Text schwer Zufall	92,85	308,05	2,18	269,83
X Text leicht	66,71	241,85	2,38	245,94
Text leicht Zufall	89,71	311,50	1,83	268,83

Tab. 3: Zusammenstellung der von VANECEK (1972) mitgeteilten Ergebnisse seiner Blickbewegungsuntersuchungen beim Lesen von 300 Wörter umfassenden Texten unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade

Text (bei 300 Wörtern). Bei den zufälligen Wortfolgen beträgt die mittlere Lesezeit 100,8 sec und die mittlere Fixationsanzahl 333,3 pro Text.

Auf der Basis dieser Trennung reiht sich auch das zunächst paradox erschienene Ergebnis bei "Silben pro Fixation" (sinnvolle Texte $X = 2,25$, sinnlose Texte $X = 1,87$) in folgender Deutung ein: Bei den sinnlosen Wortfolgen wurde jedes einzelne der 300 Wörter betrachtet ($X = 333,3$ pro Text, wobei alle Einzelwerte über 300 liegen), wohingegen die sinnvollen Texte im eigentlichen Sinn des Wortes gelesen wurden. Auf lautes Lesen übertragen könnte man sagen: Im ersten Fall wurden nur Grapheme in Phoneme umgesetzt, im zweiten Fall wurde sinnentnehmend gelesen.

3.2 Diskussion und Formulierung der Fragestellung

Läßt man den skizzierten Gang der Forschung nochmals Revue passieren, so wird deutlich, daß im wesentlichen zwei methodische Wege in den Leseuntersuchungen beschritten worden sind: über die Wort- bzw. Formerkennung mit Hilfe des Tachistoskops und über den "Mechanismus" des Lesens mittels der Augenbewegungsmessung.

Ausgangspunkt der Forschung war in beiden Fällen - in der prägnanten Formulierung von E.H. WEBER - : "Was wir successiv vollbringen, glauben wir gleichzeitig auszuführen". Damit war die Problemstellung klar: Man müßte nur die Expositionszeit so weit wie möglich reduzieren, dann würde sich die scheinbare Simultaneität des Vorhandenseins der zu lesenden Zeile in eine Sukzession von Buchstaben auflösen. Genau dies versuchte ursprünglich CATTELL, jedoch ohne Erfolg. Selbst bei der kürzesten Expositionszeit konnten noch Wörter erkannt werden; und er fand keinen Unterschied hinsichtlich der Erkennungszeit für kurze Wörter bzw. für Buchstaben. Trotzdem wurde der Grundgedanke der WEBERSchen Annahme beibehalten, obwohl er Psychisches im Grunde zu einem Irrtum und die

Psychologie zur Wissenschaft von den Irrtümern macht: Wenn wir WEBER folgen, so glauben wir nur, etwas gleichzeitig auszuführen, was doch in Wirklichkeit sukzessiv geschieht. Der dieser Auffassung zugrunde liegende Wirklichkeitsbegriff akzeptiert nur einen Teil der Wirklichkeit, nämlich den physikalisch-physiologischen Aspekt, d.h. den erlebnisunabhängigen. Dem steht jedoch eine phänomenale Wirklichkeit zumindest gleichrangig gegenüber. Zudem stellt sich die Frage, was eigentlich sukzediert, denn die Sukzession setzt ja Elemente voraus, die einander folgen. Für den Physiologen gibt sich die Antwort "Reize" sozusagen von selber, mit ihnen aber auch ihre physikalischen Einheiten. Mit dem Erfolg, daß die Psychologie mittels elektro-magnetischer Wellen, Schallwellen u. ä. betrieben werden muß, statt mit eigenen psychologischen Einheiten.

Simultaneität als eine Folge von Sukzedierendem zu verstehen, bedeutet auf das Beispiel "Bewegung" übertragen, diese in eine Folge von stationären Zuständen aufzulösen, was für das Nachdenken darüber sehr nützlich sein mag, aber durchaus nicht den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen muß.

Neutraler formuliert müßte die Aussage WEBERs wohl lauten: Unsere physikalische Umwelt ist zwar simultan gegeben, dieser psychischen Simultaneität der Wahrnehmung steht jedoch eine denknotwendige Sukzession der wahrgenommenen Reize entgegen.

Die Verwendung des Tachistoskops akzentuiert dies, die Augenbewegungsmessung läßt es wahrnehmbar in den Hintergrund treten. Gegenstand der Auseinandersetzung ist es jedoch bis heute geblieben (GIBSON 1973a, 1973b, NEISSER 1974).

In der Leseforschung wurde dieses Problem zugespitzt auf den Gegensatz von ganzheitlichem gegenüber buchstabierendem Lesen. GOLDSCHIEDER und MÜLLER (1893) gehen, den Gedanken konsequent fortsetzend, sogar noch weiter, indem sie nicht die Buchstaben als die Einheit ansehen, sondern Striche, Haken, Kreisbogen, Quadrate und Kreise als die eigentlichen optischen Elemente,

aus denen dann Buchstaben und im weiteren Wörter gebildet werden.

Dies hebt einen wichtigen Aspekt, wenn nicht sogar die eigentliche Problematik der Diskussion hervor. Sie lebt wesentlich davon, daß logisch deduzierend bestimmte Einheiten der Wahrnehmung (Striche, Bogen, Haken, Buchstaben, Silben, Wörter) empirisch bestimmten Einheiten gegenübergestellt werden.

Ein Beispiel soll das Problem verdeutlichen: Es ist wohl kaum zu bezweifeln, daß die folgende Linie ----- als Ganzes wahrgenommen, auf einen Blick gesehen und nicht Strich für Strich abgetastet wird - womit wohlgemerkt nicht das Gesetz der Nähe gemeint ist. Ebenso muß uns auch ein Teil einer zu lesenden Zeile simultan gegeben sein, unabhängig davon, daß sie sukzessiv aufgefaßt wird. Denjenigen allerdings, der darüber nachdenkt, laden einzelne Buchstaben einer zu lesenden Zeile geradezu ein, sie als Teile zu interpretieren, zumindest sehr viel stärker als die oben aufgeführten einzelnen Strich-Teile.

Geht man davon aus, daß die Struktur der wahrzunehmenden Objekte unterschiedlich komplex ist und ebenso die Vertrautheit mit ihnen, so werden dementsprechend die Einheiten wechseln, in denen sie wahrgenommen werden. Für denjenigen, der gerade die einzelnen Buchstaben und Zahlen lernt, mögen wirklich Bögen, Haken und Kreise die Einheiten sein, in denen wahrgenommen wird (bei einem Kind etwa, das zwei Nullen übereinander malt statt einer Acht). Für denjenigen hingegen, der die Schrift vollkommen beherrscht, bilden sich andere Einheiten. Besonders deutlich wird dies bei dem Erwachsenen, der ein Wort selber schreiben muß, um zu sehen, ob es "richtig" ist, d.h. es besteht nicht mehr aus einzelnen Buchstaben, die memoriert werden können, sondern aus der Gesamtheit des Bildes und eines motorischen Vollzugs.

Beim Lesen könnte ein beobachtbares Korrelat der Wahrnehmungseinheit die Anzahl der Fixationen sein. Offensichtlich differenziert dieses Maß deutlich zwischen guten und schlechten

Lesern und ebenso zwischen Leseanfängern und Fortgeschrittenen (wobei letzteres im Vergleich zu allen anderen Problemen kaum Interesse fand).

Die dargestellten Augenbewegungsuntersuchungen machen deutlich, daß sich die psychologische Leseforschung zumindest im deutschen Sprachraum über ein Anfangsstadium noch nicht hinausentwickelt hat. Die Untersuchung von VANECEK veranschaulicht darüber hinaus die methodischen Schwierigkeiten und den Arbeitsaufwand (es wurden ca. 70 000 Fixationen "von Hand" abgezählt), den Augenbewegungsuntersuchungen mit sich bringen.

Ferner stellt sich die Frage, ob Untersuchungsergebnisse aus dem angelsächsischen Sprachraum ohne weiteres für die deutsche Sprache übernommen werden können. Ohne auf das aktuelle linguistische Problem der kontrastiven Grammatik Deutsch - Englisch eingehen zu können (z.B. BURGSCMIDT und GÖTZ 1974), läßt sich doch ein deutlicher Unterschied hinsichtlich dessen registrieren, was im Deutschen und was im Englischen "zwischen den Punkten" steht. Zwar bildet die Tiefenstruktur im Sinne CHOMSKYs bei beiden Sprachen die Konstante, die Oberflächenstruktur weist jedoch deutliche Unterschiede zwischen beiden Sprachen auf: im Englischen etwa die streng eingehaltene SPO-Regel, die Stellung des Verbs, die Rolle der Präpositionen, im Deutschen demgegenüber die Klammerstellung und die auffällige Endstellung des Verbs in Nebensätzen, die Aneinanderreihung von Relativsätzen, die Stellung der Negation.

Geht man davon aus, daß die Fixationen im Bild von HÖNIGSWALD am Faden des Verständnisses aufgereiht sind, so wäre zu erwarten, daß zumindest die Verteilung der Fixationen über den Text sich im Englischen von der im Deutschen unterscheidet, vorausgesetzt allerdings, das Instrument der Augenbewegungsmessung differenziert hinreichend, und die Augenbewegung selber ist präzise genug, um solche Unterschiede in Erscheinung treten zu lassen.

Die Theorie von HÖNIGSWALD impliziert eine weitgehend willentliche Steuerung der Augenbewegungen und weicht insofern von der Auffassung von MACKENSEN ab, der die automatische Steuerung des Augenbewegungsablaufes beim Lesen stärker hervorhebt. Da er die Steuerung jedoch für einen erworbenen Automatismus hält und zudem die Beziehung zum Schwierigkeitsgrad des Textes als erwiesen angesehen werden kann, müssen sich beide Auffassungen nicht ausschließen. Eine Lösung der Frage der Steuerung der Augenbewegungen beim Lesen steht noch aus. Sie allerdings in "unbewußten Hypothesen" über den nachfolgenden Text zu suchen, wie VANECEK es versucht, muß als problematisch angesehen werden, schon allein deshalb, weil die Frage damit dem experimentellen Zugriff entzogen wird.

Erstaunlicherweise ist das Lesen in erster Linie an erwachsenen Versuchspersonen untersucht worden. Dies gilt sowohl für tachistoskopische als auch für Augenbewegungsuntersuchungen. Es steht außer Zweifel, daß gerade das Lesen ein mühsam erlernter und vielfach geübter Prozeß ist. Diesen Prozeß gleichsam nach dessen Abschluß, beim Erwachsenen, zu untersuchen, müßte sich in der Einseitigkeit, wie es bisher geschehen ist, eigentlich von selber verbieten. Die an Erwachsenen erzielten Ergebnisse wirkten modellbildend und wurden - wenn überhaupt - erst in zweiter Linie an Kindern überprüft. Dies ist um so befremdlicher, da das Ergebnis der Forschung für Kinder insofern gravierende Folgen hatte, als es der inzwischen wieder sehr umstrittenen Ganzheitsmethode zum Durchbruch verhalf.

Angesichts dessen muß es als notwendig angesehen werden, näher an den Leseprozeß in seinem Ursprung und seiner Entwicklung heranzukommen. Dieses Vorhaben setzt eine bei Kindern verwendbare Methode voraus, und als solche können die bisher beschriebenen Augenbewegungsmeßinstrumente kaum angesehen werden. Hierin dürfte auch der Grund liegen, daß bisher sehr wenig Untersuchungen mit Kindern durchgeführt wurden, abgesehen von dem bislang beträchtlichen apparativen Aufwand, der kaum eine für Kinder adäquate Gestaltung des Versuchsablaufes zuläßt. Dies galt ursprünglich auch für tachistoskopische Versuche,

wie man einer Arbeit von CATTELL entnehmen kann, dessen Klage bis heute nichts von ihrer Aktualität für denjenigen verloren hat, der mit Apparaten umgehen muß: "Die erste Schwierigkeit liegt in den benutzten Apparaten. Diese erzeugen den Reiz selten in vollständig befriedigender Weise, messen die Zeit selten mit völliger Genauigkeit und müssen so fein gearbeitet und andererseits so complicirt sein, dass es viel Zeit und Arbeit erfordert, sie aufzustellen, anzuwenden und in Ordnung zu halten. Die Experimentatoren haben meist die Erfahrung gemacht, daß sie den größten Teil ihrer Zeit auf die Apparate verwenden mussten." (CATTELL 1885, S. 635).

Hinsichtlich der Verwendung des Tachistoskops und der Zeitmessung hat sich inzwischen Wesentliches geändert, nicht jedoch im Fall der Augenbewegungsmessung. Bedenkt man, daß bei einer etwa 15 cm langen Lesezeile, die ca. 30 - 40 cm vom Auge entfernt ist, 6 - 15 Fixationen erforderlich sind, so bedeutet dies beispielsweise, daß schon die kleinste Kopfbewegung Winkeländerungen mit sich bringt, die größer sind als die Winkel zwischen den einzelnen Meßpunkten.

Die in der Literatur z.T. recht nebensächlich oder auch gar nicht berichtete Arretierung des Kopfes wird besonders im Versuch mit Kindern zum Hauptproblem der Augenbewegungsuntersuchung. Einem Erwachsenen kann man klarmachen, daß für eine empfindliche Messung der Kopf festgehalten, eventuell sogar mit einer Bißplatte arretiert werden muß. Er wird sich wohl in der Regel einer solchen Unbequemlichkeit im Interesse der Sache stellen. Bei einem Kind ist dies mit Sicherheit nicht zu erwarten, vielmehr muß damit gerechnet werden, daß seine Furcht vor etwas so Ungewöhnlichem so groß sein wird, daß ein vernünftiges Ergebnis kaum erzielt werden kann. Dies gilt besonders bei Augenbewegungsuntersuchungen, wo schon allein die Kopf-Zwanghaltung zu einer deutlichen Beeinflussung der Meßergebnisse führen kann.

Ein erstes Ziel der Arbeit ist deshalb die Entwicklung und

Erprobung einer Versuchsanordnung, die Augenbewegungsuntersuchungen mit Kindern gestattet. Als zweites soll mit dieser Versuchsanordnung eine Untersuchung mit verschiedenen schweren Texten durchgeführt werden.

Hierzu mußte zunächst entschieden werden, welches Verfahren verwendet werden sollte. YARBUS (1967) und SHACKEL (1967) geben eine gründliche Übersicht über die Augenbewegungsmeßtechniken und eine Analyse ihrer Leistungsfähigkeit. Dabei wird deutlich, daß Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Registrierungsmethode nicht isoliert betrachtet werden können. Vielmehr sind sie wesentlich abhängig von der Versuchsanordnung, vom Auswertungsverfahren und davon, ob die intendierte Messung der Augenbewegungen Lokalisationstreue oder Bewegungstreue der Registrierung verlangt.

Dementsprechend wurden in jüngster Zeit Systemanalysen von Versuchsanordnungen vorgestellt, wie etwa die von NICKEL et al. (1972) über die NAC III Blickbewegungskamera oder die von GRONER et al. (1974) über das Berner System zur Analyse von Blickrichtung und Pupillengröße. Beide Arbeiten entstanden aus Augenbewegungsuntersuchungen, in deren Verlauf sich herausgestellt hatte, daß die erwartete und von den Herstellerfirmen behauptete Leistungsfähigkeit der Geräte in keinem Verhältnis zur tatsächlichen Leistung der Geräte im Versuch stand.

Im vorliegenden Fall war das Elektrookulogramm die Methode der Wahl. Es schien uns von allen Verfahren dasjenige zu sein, das die Versuchsperson am wenigsten beeinträchtigen würde, bei einer für Leseversuche trotzdem hinreichenden Meßgenauigkeit.

4. Die Elektrookulographie

In Hinblick auf die Erfahrungen, die NICKEL et al. (1972) und GRONER et al. (1974) mit ihren Augenbewegungsuntersuchungen gemacht haben, muß es als notwendig angesehen werden, zunächst die für die Verwendung des EOG bedeutsamen physiologischen und psychologischen Bedingungen im Sinne einer Systemanalyse des Verfahrens zu klären. Dies soll in diesem und dem nächsten Kapitel versucht werden.

Bei dem von MONNIER und HUFSCHMIDT (1951) sowie MARG (1951) sogenannten Elektrookulogramm (EOG) handelt es sich um eine Methode der Augenbewegungsregistrierung, die im Unterschied zu den bisher geschilderten optischen und mechanischen Verfahren auf elektrischen Erscheinungen am Auge beruht. Es werden dabei elektrische Potentialschwankungen in der Umgebung des Auges abgeleitet, die in charakteristischer Beziehung zur Blickrichtung stehen. Im speziellen Fall der Nystagmusaufzeichnung wird das Verfahren als Elektronystagmographie (ENG) bezeichnet (z.B. MILLNER und RICHWIEN 1969).

4.1 Physiologische Grundlagen

4.11 Die Bewegung des Auges

Die Mechanik des Auges kann näherungsweise als ein Kugelgelenk verstanden werden, wobei das Auge als Gelenkkopf, die Tenonsche Kapsel als Gelenkpfanne anzusehen ist. Es wird bewegt durch die sechs äußeren Augenmuskeln (vier gerade Muskeln und zwei schräge Muskeln), die ungefähr im Winkel von 35° zur Sehachse verlaufen. Der Drehpunkt des Auges - genauer die Drehellipse - liegt etwa 13 mm hinter dem Corneascheitel.

Die Fixation eines Objektes bedeutet, daß dieses in der im Zentrum der macula lutea liegenden fovea centralis abgebildet wird. Sie befindet sich auf der temporalen Seite der Retina, etwas oberhalb der Eintrittsstelle des Nervus opticus. Der Durchmesser der fovea centralis beträgt etwa 0,4 mm, was einem Sehwinkel von etwa $1,3^{\circ}$ entspricht.

Folgende Bewegungen des Auges müssen unterschieden werden (SHACKEL 1967, YARBUS 1967):

1. Ruckartige Drehungen, die das Auge von einem Fixationsort zum nächsten bewegen (Sakkaden, wie sie schon von JAVAL sowie ERDMANN und DODGE beobachtet wurden). Die Angaben über ihre Dauer schwanken zwischen 130 und 220 ms.
2. a) Glatte Augenfolgebewegungen ("smooth pursuit"). Sie dauern ungefähr 200 ms und variieren in ihrer Geschwindigkeit entsprechend der des beobachteten Objektes zwischen 1° und 30° pro Sekunde.
b) Glatte Kompensationsbewegungen. Sie entsprechen den Folgebewegungen und treten bei passiver Körperbewegung auf.
3. Nystagmische Bewegungen der verschiedensten Art (Sontan-, Lage-, Ruck-, Pendelnystagmus etc.).
4. Konvergenzkorrigierende Bewegungen
5. Mikrobewegungen ("miniature") des Auges. Sie sind weitgehend unwillkürlich und treten selbst dann auf, wenn das Auge zu stehen scheint. Es werden sakkadische Bewegungen ("flicks"), gleitende Positionsabweichungen ("drifts") und ein Tremor unterschieden. Die Größenangaben für diese Bewegungen sind unterschiedlich. Faßt man die Ergebnisse von DITCHBURN und GINSBORG (1953), RASHBASS (1961) und St. CYR und FENDER (1969) zusammen, so ergibt sich für alle drei Mikrobewegungen etwa eine Größenordnung von $30'$.

4.12 Elektrische Vorgänge am Auge

Bei einer Untersuchung am isolierten Fischauge stellte DUBOIS-REYMOND (1848) eine Potentialdifferenz zwischen Bulbus und Sehnerv fest. HOLMGREN (1880), KÜHNE und STEINER (1880) und WESTERLUND (1912) untersuchten dieses als Bestandpotential, Bestandstrom, Dunkelstrom oder Ruhestrom des Auges bezeichnete Phänomen. Nach WESTERLUND ist bei Messung der Potentialverteilung an der Oberfläche des Augapfels zwischen einem Bestandstrom und einem Belichtungsstrom zu unterscheiden. Der Bestandstrom hat demnach die gesamte, der Belichtungsstrom nur den belichteten Teil der Retina zur Stromquelle. Eine übersichtliche Darstellung der Untersuchungen und Ergebnisse findet sich bei KOHLRAUSCH (1932).

Die Richtung, die örtliche Verteilung und die Stärke des Bestandpotentials ist bei allen Wirbeltieren annähernd gleich. Der abgeleitete Strom fließt im äußeren Schließungsbogen von der Cornea zur Retina, im Inneren des Auges von der Retina zur Cornea, wie in Abb. 2 dargestellt wird.

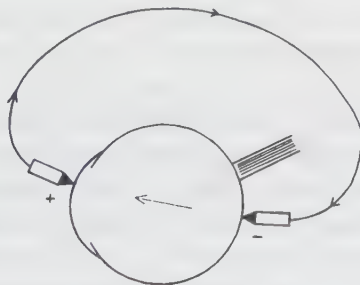


Abb. 2: Richtung des Bestandstroms
im Wirbeltierauge

Die Größe des Bestandpotentials schwankt zwischen 2 und 17 mV (KÜHNE und STEINER). Nach KOHLRAUSCH beträgt die Spannung am frisch präparierten Froschauge zunächst

2 - 10 mV, sinkt langsam ab und erreicht nach 30 min Null. MÜLLER-LIMMROTH (1959) führt die relativ große Variation des Bestandpotentials teilweise auf methodische Fehler bei der Ableitung (Blut- und Schleimansammlung) zurück und gibt für das menschliche Auge 10 - 12 mV an.

In situ ist jedoch ebenfalls eine Variation des Bestandpotentials nachzuweisen, wie KOHLRAUSCH (1932) an Vogelaugen zeigen konnte: Wird eine Taube mit helladaptiertem Auge etwa eine halbe Stunde im Dunkeln gehalten, so sinkt das Bestandpotential etwa um ein Drittel ab und erreicht bei erneuter Helladaptation nach ca. 10 min wieder die alte Höhe. Die Unterschiede zwischen dem Minimum und dem Maximum betrugen 3 - 5 mV. Dies kann in gewissem Umfang mit dem Belichtungspotential erklärt werden, welches sich teilweise gleichsinnig mit dem Bestandpotential ändert; KOHLRAUSCH hält die Erklärung jedoch nicht für hinreichend.

Neben der Belichtung wirken noch andere physikalische Faktoren wie Abkühlung, Erwärmung, mechanischer Druck und Röntgenstrahlen verändernd auf das Bestandpotential ein. Das gleiche gilt für Pharmaka: Unter Strychnin sinkt das Bestandpotential um 30 %, in einer Kohlendioxydatmosphäre verschwindet es ganz, Glucose und Äthylalkohol lassen es ansteigen (MÜLLER-LIMMROTH 1959).

MILES (1939), FRANCOIS et al. (1955) und KOLDER (1959) untersuchten u. a. die Änderung des Bestandpotentials in situ am menschlichen Auge. KOLDER (1959) konnte mit einer eleganten Versuchsanordnung und bitemporal angebrachten Elektroden (KOLDER und SCARPATETTI 1958) zeigen, daß sich bei konstanter Beleuchtung das Bestandpotential auf ein bestimmtes Niveau einstellt. Bei Helladaptation nimmt es in Abhängigkeit von der Lichtintensität (20 - 1.000 lux) zu. Das Maximum der Zunahme wird nach 8,5 min erreicht, dann kehrt es mit periodischen Schwankungen auf den Ausgangswert zurück. Die Perioden dauern im Mittel 25 min ($s = 2,5$ min). Neben der Belichtung scheinen vor allem

Stoffwechselprozesse und passivelektrische Eigenschaften der Retina für die Variation des Bestandpotentials verantwortlich zu sein, KOLDER schließt dies aus der von ihm beobachteten Wirkung von Adrenalin und Mangelatmung: Eine subcutane Adrenalininjektion führt zu einer dosisabhängigen, etwa einstündig anhaltenden Erhöhung des Bestandpotentials. Während des Einatmens sauerstoffarmer Luft (7, 9, 12 % O_2 - normal 21 %) nimmt das Bestandpotential zu, sinkt nach der Mangelatmung unter das Ausgangsniveau und kehrt dann nach einer periodischen Schwingung auf das Ausgangsniveau zurück.

KOLDER (1959) weist jedoch ebenso wie SHACKEL (1967) darauf hin, daß besonders für die in Langzeit-Versuchen zu beobachtende Variation des Bestandpotentials letztlich noch keine befriedigende Erklärung gegeben werden kann.

Das Bestandpotential führt dazu, daß in der Umgebung des Auges ein in guter Näherung axiales Feld ausgebildet wird, dessen Achse sich infolge der spezifischen Ladungsverteilung - maximale Spannungsdifferenz zwischen vorderem und hinterem Augenpol - mit der optischen Achse deckt. Eine Augenbewegung ruft deshalb eine gleichsinnige Änderung der Spannung hervor. Diese kann mittels in der Nähe des Auges angebrachter Elektroden abgeleitet werden, da das Körpergewebe um den Bulbus einen Leiter zweiter Klasse darstellt. Je nachdem, ob der elektro-negative hintere Augenpol oder der elektro-positive vordere Augenpol sich der Ableitung nähert, zeigt ein dazwischengeschaltetes Meßinstrument einen positiven oder negativen Ausschlag.

4.2 Das Elektrookulogramm (EOG)

Die durch das corneo-retinale Potential mögliche Registrierung der Augenbewegungen wurde erstmals von SCHOTT (1922) berichtet, dem es gelang, einen Nystagmus mittels eines Saitengalvanometers darzustellen. Weitere grundlegende

Untersuchungen wurden von MEYERS (1929), MOWRER et al. (1935), JUNG und MITTERMAIER (1939) und GRÜTTNER (1939) durchgeführt. MOWRER et al. (1935) konnten zeigen, daß die Registrierung nicht auf einer Summation von Aktionspotentialen der Augenmuskeln beruhte, wie anfangs angenommen worden war, sondern auf der Ableitung des Bestandpotentials.

Die Weiterentwicklung der Elektrookulographie zu einem Instrument der klinischen Diagnostik wurde maßgeblich von MACKENSEN geleistet, dessen gründliche Funktionsanalyse des Verfahrens (u.a. MACKENSEN und HARDER 1954) im folgenden berichtet werden soll:

Um die Vp zu einer horizontalen Augenbewegung eines bestimmten Winkels zu veranlassen, wurde ihr Kopf mit einer Beißplatte und einer Kinnstütze 1 Meter entfernt von einer Tangentenskala so fixiert, daß sich die Nasenwurzel in Höhe der Skalenmitte befand. Fixationsobjekte waren Schwachstromlämpchen hinter einem schmalen Spalt, die vom V1 in beliebiger Reihenfolge geschaltet werden konnten. Die auftretenden Spannungsänderungen wurden mit verschiedenen Geräten registriert: Spiegelgalvanometer, EKG- und EEG-Verstärkern. Zur Befestigung der Elektroden wurde eine von MACKENSEN (1952) entwickelte Brille bzw. ein Stirnreif verwendet. Es wurden verschiedene Ableitungsarten und Elektrodenpositionen untersucht.

Als günstigster Ableitungspunkt zur Registrierung horizontaler Augenbewegungen ergab sich eine Elektrodenposition zwischen dem temporalen Lidwinkel und dem Orbitalrand. Mit zunehmender temporaler Entfernung der Elektroden vom Lidwinkel verminderte sich die registrierte Potentialdifferenz. Bei einer horizontalen Bewegung um 30° und einer Entfernung der Elektroden von 2 cm vom Orbitalrand betrug die Potentialdifferenz nur noch $\frac{1}{3}$ des direkt am Lidwinkel erreichten Wertes (im Mittel 0,95 mV gegenüber 0,34 mV).

Zur Prüfung der Beziehung zwischen der gemessenen Spannung und dem Winkel der Augenbewegung führte MACKENSEN mit einem Spiegelgalvanometer Messungen an 19 Vpn durch; die Ergebnisse werden in Tabelle 4 und Abbildung 3 dargestellt (die Streuung und die Streuung in Prozent des Mittelwerts wurde aus den von MACKENSEN mitgeteilten Originalwerten nachträglich berechnet):

	Blickbewegung um			
	10°	20°	30°	40°
$\bar{X}$ (mV)	0,365	0,699	1,039	1,376
s (mV)	0,148	0,242	0,334	0,434
s in % des Mittelwertes	40	34	32	32

Tab. 4: Mittelwert, Streuung und Streuung in % des Mittelwertes bei verschiedenen Auslenkungsgraden der Augen

Wie sich aus Abbildung 3 ergibt, ist die gemessene Spannung zur horizontalen Winkelbewegung des Auges zumindest im Bereich bis zu etw 30° direkt proportional. (Dies stimmt auch mit neueren Angaben z.B. von YARBUS 1967, und von SHACKEL 1960 und 1967, überein.)

Auffällig ist die große Variation der Werte, die auch von MACKENSEN festgestellt worden ist, sie war sowohl interindividuell wie auch - bei Messungen an denselben Vpn an verschiedenen Tagen - intraindividuell zu beobachten. MACKENSEN führte die Variation zum Teil auf die begrenzte Ablesegenauigkeit der verschiedenen Skalen seiner Meßinstrumente zurück; zu einem weiteren Teil hat sie ihre Ursache in der individuell unterschiedlichen Lage des Bulbus

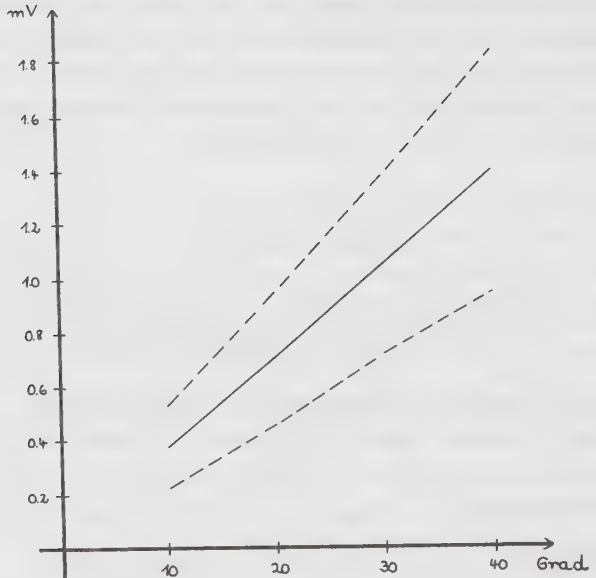


Abb. 3: Mittelwert und Streuung der Spannung in mV bei verschiedenen Auslenkungsgraden der Augen

in der Orbita. Bei tiefer liegenden Augäpfeln war die bitemporal abgeleitete Potentialdifferenz durchweg höher als bei weiter hervortretenden Augen. Die Korrelation zwischen der Position des Bulbus und der gemessenen Potentialdifferenz betrug $r = -0,7$ ($p > 0,01$). Die Erklärung dafür wird von MACKENSEN in der bereits von HOLMGREN (1880) und WESTERLUND (1912) beobachteten ungleichmäßigen Potentialverteilung auf der Bulbusoberfläche vermutet. (Bei einer anderen von MACKENSEN mitgeteilten Originalmeßreihe von 10 Vpn betrug die Streuung übrigens nur ca. 20 % gegenüber ca. 34 % in dem in Tabelle 4 dargestellten Versuch.)

Der Vergleich verschiedener Ableitungsarten des Bestandpotentials (von einem Lidwinkel und von beiden temporalen Lidwinkeln) ergab eine deutliche Differenz: Bei einer Blickbewegung nach rechts um 30° und einer Ableitung vom rechten Auge war die abgeleitete Spannung nur etwa halb so groß wie bei bitemporaler Ableitung, im Mittel $0,62$ mV gegenüber $1,08$ mV. D.h. die bitemporale Ableitung ist der unipolaren deutlich überlegen.

Geht man davon aus, daß im Bereich bis zu 30° eine direkte Proportionalität zwischen der gemessenen Spannungsänderung und dem Auslenkungswinkel der optischen Achse besteht, so kann durch die Verwendung eines Gleichspannungsverstärkers (DC-Verstärker) eine getreue Zeit-Weg-Kurve der Augenbewegungen erstellt werden. Verwendet man demgegenüber einen Wechselspannungsverstärker (AC-Verstärker), so werden vor allem langsame Potentialänderungen verzerrt wiedergegeben.

Nach MACKENSEN (1966) spielt jedoch die Eigenart des AC-Verstärkers für die Untersuchung von ruckartigen Bewegungen, wie sie etwa beim Lesen auftreten, keine Rolle, vorausgesetzt, er ist mit einer möglichst hohen Zeitkonstanten (etwa 2 sec) ausgestattet.

Ein ausführlicher Vergleich von AC- und DC-Registrierung von Augenbewegungen wurde von TURSKY und O'CONNELL (1966) durchgeführt. Demnach erlaubt eine AC-Registrierung mit geringer Zeitkonstante keine Differenzierung zwischen schnellen Augenbewegungen und sakkadischen Anteilen langsamer Bewegungen, wie sie etwa bei der Untersuchung von Augenfolgebewegungen auftauchen. Ebenso ist es nicht möglich, die Position des unbewegten Auges zu ermitteln.

SHACKEL (1967) weist in seiner sehr gründlichen Beschreibung der EOG-Technik ebenfalls darauf hin, daß die DC-Registrierung in vielen Fällen günstigere Resultate liefere, andererseits die AC-Registrierung einfacher und für einige

Fragestellungen, wie etwa die der Nystagmus-Registrierung, ausreichend sei.

Die folgenden Abbildungen zeigen von uns durchgeführte DC- und AC-Registrierungen von horizontalen Blickbewegungen mit unterschiedlicher Zeitkonstante.

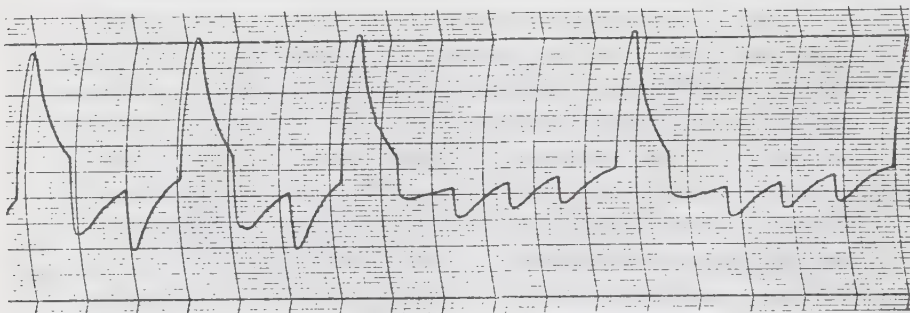


Abb. 4: AC-Registrierung horizontaler Augenbewegungen beim Lesen (Zeitkonstante 0,5 sec)

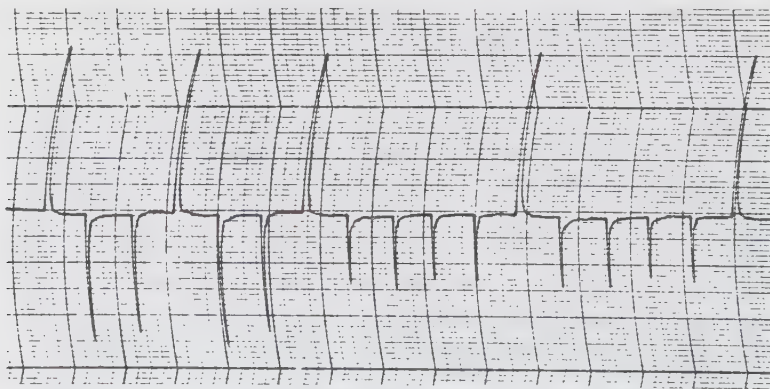


Abb. 5: AC-Registrierung horizontaler Augenbewegungen beim Lesen (Zeitkonstante 0,05 sec)

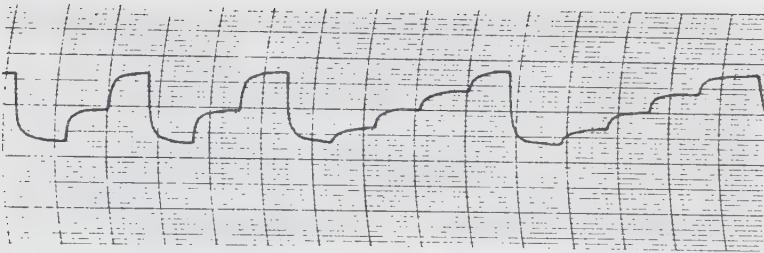


Abb. 6: DC-Registrierung horizontaler Augenbewegungen beim Lesen

5. Die Versuchsanordnung

5.1 Das Registriergerät

Als Verstärker für das Bestandpotential stand uns ein Polygraph der Firma Lafayette (Lafayette Instrument Company, Lafayette, Indiana, USA) zur Verfügung.

Das Gerät ist mit einem hochohmigen Vorverstärker (Nr. 76 410), mit einer Schaltstufe für EEG- und einer für EKG-Signale ausgerüstet. Die Empfindlichkeit der verwendeten EEG-Schaltstufe liegt zwischen 2 und 200 mV. Der Vorverstärker differenziert das ankommende Signal (mit einer Zeitkonstante von 0,5 sec) so, daß nur Spannungsänderungen verstärkt werden.

Im nachgeschalteten Hauptverstärker (Nr. 76 400) wird das Signal leistungsverstärkt und auf einen Drehspul-Tintenschreiber geleitet. Die Verstärkung (der Zeigerausschlag des Schreibers) kann mit einem Potentiometer stufenlos reguliert werden.

Bei dieser Anordnung bewirkt eine Potentialänderung an den Elektroden einen sehr raschen Ausschlag des Registrierinstruments nach oben oder unten, anschließend läuft der Zeiger automatisch in die Nullstellung zurück. Die Höhe des Zeigerausschlages ist der Potentialänderung proportional.

Zur Registrierung wurde Bogenordinaten-Papier verwendet. Die Geschwindigkeit des Papiervorschubs konnte in 4 Stufen gewählt werden: 2,5, 5, 10 und 25 mm/sec.

Das Gerät ist nach den Angaben der Hersteller für elektrokardiographische Messungen geeignet. Es wurde von uns in der kommerziellen Ausführung verwendet, da uns zum

Zeitpunkt der Versuchsdurchführung keine elektronische Werkstatt zur Verfügung stand, die eventuell interessierende Umrüstungen des Geräts, etwa auf eine DC-Registrierung oder eine variable Zeitkonstante, hätte durchführen können. Die in den Abbildungen 5 und 6 dargestellten Registrierungen beruhen auf provisorisch vorgenommenen Umrüstungen, die aber wieder rückgängig gemacht wurden, da wir im Fall der DC-Registrierung nicht wußten, welche Nulllinien-Drift zu erwarten war, und im Fall der veränderten Zeitkonstante nicht abzusehen war, welchen Einfluß dies auf die Registrierqualität des Drehspul-Tintenschreibers haben würde.

5.2 Die Ableitung

Zur Ableitung des Bestandpotentials wurden mit Kleberingen befestigte Miniatur-Hautelektroden (Ag/AgCl) der Firma BECKMANN verwendet. Geerdet wurde die Ableitung mit Ohr-Klemmelektroden (Ag) derselben Firma.

Da im Leseversuch in erster Linie die Horizontalkomponente der Augenbewegungen interessant ist, wurde nur diese registriert. Die in Abbildung 7 schematisch dargestellte Versuchsanordnung läßt die beiden wichtigsten in der Literatur vorgeschlagenen Ableitungsvarianten erkennen: von den beiden temporalen Lidwinkeln bzw. vom temporalen und nasalen Lidwinkel des rechten Auges.

Beide Elektrodenpositionen wurden erprobt. Da kein Unterschied hinsichtlich der Qualität der Registrierung zu erkennen war, wurde die Ableitung von den temporalen Lidwinkeln gewählt, da die Elektroden in dieser Position leichter zu befestigen und beim Versuch weniger hinderlich sind, z.B. beim Abdecken eines Auges mit einem Brillengestell oder auch bei Versuchen mit Brillenträgern.

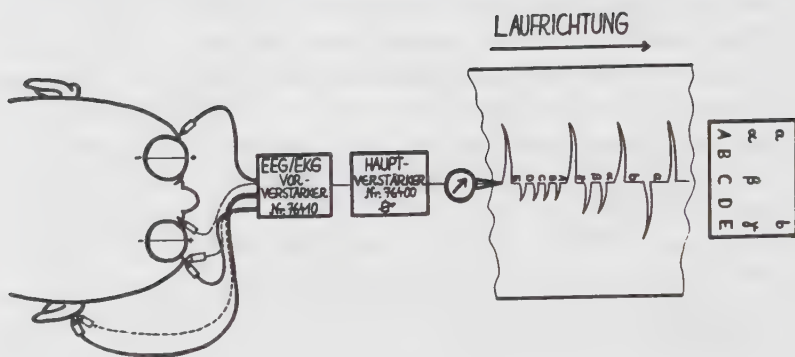


Abb. 7: Schematische Darstellung der Versuchsanordnung mit zwei Ableitungsvarianten des Bestandpotentials: Temporale (durchgezogene Linien) und temporal/nasale Ableitung (gestrichelte Linien)

Auf das von SHACKEL (1959, 1967) dringend empfohlene Abschleifen der äußeren Hornhautschicht an der für die Ableitung vorgesehenen Elektrodenposition mußte verzichtet werden. Zwar zeigte sich im Selbstversuch, daß sich mit diesem Verfahren das an der Elektrode anliegende Potential deutlich vergrößern ließ, gleichzeitig aber führte es in Verbindung mit der Elektrodenpaste schon im Verlauf des Versuchs zu einem deutlich brennenden Schmerz und außerdem zu einer ein bis drei Tage anhaltenden Entzündung der abgeschliffenen Stellen.

Ein hinreichender Reinigungseffekt der Ableitungsstellen ließ sich auch mit gründlicher Seifenlaugen- oder Alkohol-Behandlung erreichen, die den Kindern ohne weiteres zuge-mutet werden konnte. Natürlich mußte auch dabei sehr vor-sichtig verfahren werden, um nichts von dem Reinigungs-mittel ins Auge geraten zu lassen, da der durch eine solche Reizung hervorgerufene Schmerz und die damit verbundene

erhöhte Lidschlagfrequenz eine Messung zunächst unmöglich macht. (Außerdem ist dann für die anschließende erneute Reinigungsprozedur einige Überredungskunst erforderlich.)

5.3 Die Darbietung der Lesevorlagen

Die Voraussetzung für die Zuordnung der registrierten Spannungsänderung zu den Auslenkungswinkeln der optischen Achse, also zu Augenbewegungen, ist, daß alle anderen Bewegungen, vor allem die des Kopfes, relativ zur betrachteten Vorlage ausgeschaltet werden. Außerdem müssen vor und während des Versuches einigermaßen konstante Beleuchtungsverhältnisse herrschen, um bei der Ableitung des Bestandpotentials Änderungen des Belichtungspotentials des Auges durch Adapation zu vermeiden (im Rahmen der Möglichkeiten, die u. a. in der dargestellten Arbeit von KOLDER 1959, abgesteckt werden).

Dies wird normalerweise dadurch erreicht, daß der Kopf mit Kinnstütze und/oder mit Beißbrett fixiert wird. In Abbildung 8 wird diese Versuchsanordnung schematisch dargestellt; die eingetragenen Auslenkungswinkel beziehen sich auf das virtuelle Mittelauge (Zyklopenauge).

Aus den bereits genannten Gründen sollte die Verwendung eines Beißbrettes vermieden werden. Stattdessen angestellte Versuche mit Kinn- und Kopfstützen (nach Art eines Zahnarztstuhles) brachten nicht den gewünschten Erfolg, da die erzielte Fixierung nicht ausreichte und außerdem die hervorgerufene Zahnarztassoziation keineswegs in die angestrebte Versuchslandschaft paßte. Das Nicht-bewegendürfen des Kopfes erzeugte eine so verkrampte Versuchssituation, daß eine Lösung, die der natürlichen Unruhe von Kindern bei längerem Stillsitzen Rechnung trug, für den Versuch unabdingbar war.

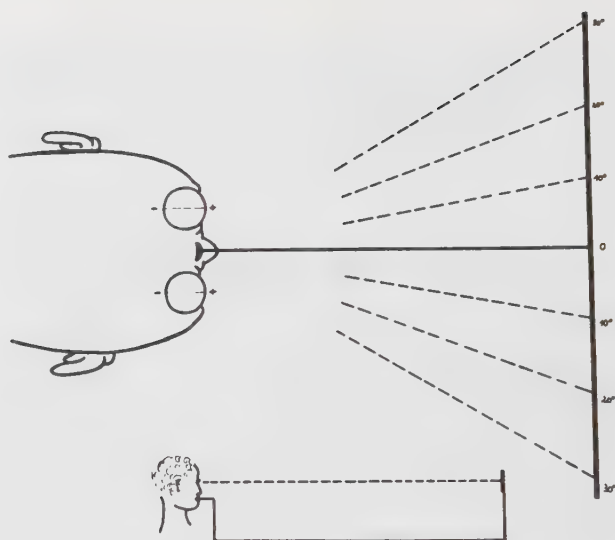


Abb. 8: Schematische Darstellung einer EOG-Versuchsanordnung. Der Kopf ist gegenüber der Vorlage mit Beißbrett fixiert.

Erfolg hatten wir schließlich mit einem Styroporgestell nach Art einer überdimensionalen Taucherbrille, das mit Klettenband am Kopf der Vp befestigt wurde. Das Gestell war so gearbeitet, daß die Lesefläche in der horizontalen und in der vertikalen Blickebene entsprechend dem Horopterkreis - im Rahmen der technischen Möglichkeiten - gekrümmt war, um dadurch Konvergenzbewegungen der Augen soweit wie möglich zu reduzieren. Die Lesetexte wurden auf dünnen Karton geschrieben, der vor der Befestigung an dem Gestell in die Gegenrichtung gebogen wurde, so daß sich seine Spannung soweit erhöhte, daß die Krümmung der Lesefläche während des Versuchs stabil blieb. Die Vorlagen wurden mit Nadeln am Gestell befestigt. Das Gestell war so ausgearbeitet, daß es möglichst weit von den temporalen Lidwinkeln entfernt am Kopf anlag (Stirnmitte und Oberlippe), um den Sitz der Elektroden nicht zu beeinträchtigen. Nebenbei hatte dies auch den Vorteil,

daß Brillenträger am Versuch teilnehmen konnten. An der Ober- und Unterseite war es mit einer dünnen Styroportape abgeschlossen, um für den Versuch die Vp vor störenden visuellen Reizen abzuschirmen. Der Leseabstand betrug 30 cm. Abbildung 9 zeigt das für die ersten Versuchsserien verwendete Styroporgestell, dessen Gewicht ca. 110 g betrug.

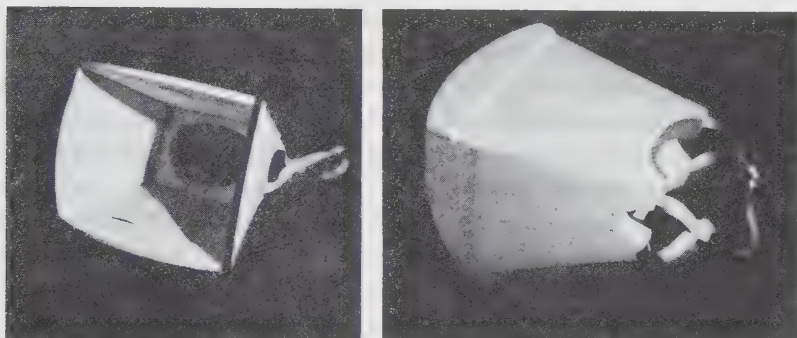


Abb. 9: Styroporgestell zur Befestigung der Lesevorlagen am Kopf der Vpn

Die ersten mit dieser Versuchsanordnung an einer größeren Zahl von Kindern durchgeführten Versuchsserien sollten in erster Linie Aufschluß über die Wirkung der äußeren Versuchsbedingungen erbringen.

Die mit den Kindern im Anschluß an die Versuche geführten Gespräche ergaben, daß vor allem durch den ersten Anblick der Versuchsanordnung und durch die Vorbereitungen für das Anlegen der Elektroden die Situation den Charakter einer Mutprobe annahm, was übrigens bei der Registrierung seinen Niederschlag in einem außerordentlich "unruhigen Blick" und einer deutlich erhöhten Lidschlagfrequenz gefunden hatte. Als besonders irritierend erwies sich der erste Anblick des Polygraphen, dessen spitze Registrierzeiger die Kinder an Spritzen erinnerten. Abgerundet wurde dieser

Eindruck anscheinend noch durch die herumliegenden Instrumente, Reinigungssubstanzen, Pasten, Salben und den weißen Mantel des V1. Die Arztsituation war perfekt, obwohl alle Vpn den V1 länger als ein Jahr kannten.

In den nächsten Versuchen wurden die von den Kindern beanstandeten Versuchsbedingungen, soweit dies möglich war, geändert. Außerdem mußten alle für eine Versuchsserie vorgesehenen Vpn zunächst bei einer Versuchsdurchführung zuschauen, es wurde gewissermaßen eine Puffer-Vp in den Versuch eingeführt, mit der sich die Kinder unterhalten konnten, bevor sie selber am Versuch teilnahmen. Vor allem für den Versuch mit Kindern (und sicher auch für manche Versuche mit Erwachsenen) soll die Einführung einer Puffer-Vp als grundsätzliche methodische Maßnahme vorgeschlagen werden.

Dabei geht es keineswegs allein darum, anfänglicher Unsicherheit in einer ungewöhnlichen Laborsituation zu begegnen, sondern vielmehr um das allgemeinere Problem des Einfindens in eine Versuchssituation im Sinne des methodischen Phänomens des warming up.

Die Erzeugung einer normalen Versuchsatmosphäre kann nicht ernst genug genommen werden, besonders dann, wenn die zu erbringenden Versuchsdaten einen emotional stark besetzten Lebensbereich berühren - im vorliegenden Fall den der Schule. Dies sei am Beispiel des Lesens erläutert: Fordert man eine erwachsene Vp auf, ein paar Zeilen vorzulesen, so wird sie nach einer Phase der Unsicherheit, "was dies soll", die Aufgabe absolvieren. Beim Schulkind hingegen wird mit einiger Sicherheit ein Gefühl des Beurteilt-werdens, des Fehler-machens aufkommen (besonders dann, wenn wie im vorliegenden Fall gute und schlechte Leser zum Versuch herangezogen werden). Es ist einem Kind nur schwer deutlich zu machen, daß es nicht selber Versuchsgegenstand ist, sondern daß es um den Prozeß des Lesens geht. Es hat sich bei unseren Versuchen gezeigt, daß sich die Allgegenwart

der Leistung gegen alle Beteuerungen des V1 durchsetzt. Sehr viel überzeugender wirkte hier das Wort des betroffenen Klassenkameraden, daß es "bei dem" anscheinend um etwas anderes gehe.

Doch dies ist nur eine Seite eines weitreichenden Problemkomplexes: Was weiß der V1 schon davon, wodurch ein Kind beunruhigt wird, was innerhalb einer Versuchssituation Unsicherheit verbreitet, Ängste auslöst. Und selbst dann, wenn er über genügend Einfühlungsvermögen oder Erfahrung verfügt, bleibt die Frage, ob ihm seine beruhigenden Worte geglaubt werden. Wer hätte nicht schon festgestellt, daß die Behauptung des Arztes: "Die Spritze tut bestimmt nicht weh" nur für diesen selber gegolten haben mochte.

Da wir die Sprache des Kindes nicht beherrschen, erscheint es naheliegend, wenn man die Aufgabe, die Vp in den Versuch einzuführen, einer anderen Vp, nämlich der Puffer-Vp, überträgt.

Als ein erstes wesentliches Resultat zeigte sich, daß nach solchen Vorbereitungen elektrookulographische Aufzeichnungen der Augenbewegungen beim Lesen möglich sind. Die Unterscheidung der für den Leseversuch interessierenden Variablen wie Anzahl der Fixationen, Fixationsdauer, Vor- und Rücksprünge war eindeutig möglich. Abbildung 10 zeigt einen Ausschnitt des Registrierstreifens von einem Leseversuch mit einem 9 1/2jährigen Jungen. Die den verschiedenen Variablen der Augenbewegungen entsprechenden Abschnitte des Kurvenzugs sind unterschiedlich markiert.

Als hinderlich bei diesen Versuchen erwies sich die relativ geringe Haltbarkeit des Styropors und eine gewisse Umständlichkeit des Auswechselns der Lesevorlage während des Versuchs, die ja bei angelegtem Gestell stattfinden mußte.

Für die weiteren Versuche wurde deshalb das in Abbildung 11 dargestellte Gestell aus Balsaholz, Japanseide und Spannlack

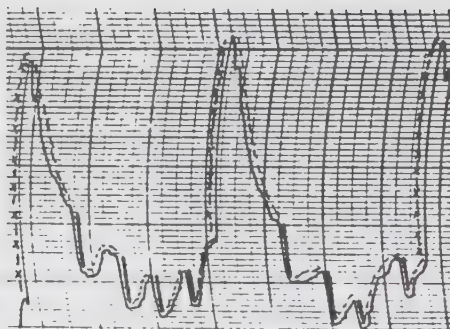


Abb. 10: Elektrookulographische Aufzeichnung der Augenbewegungen eines 9 1/2-jährigen Jungen beim Lesen. ----- Fixation, ———— Vorsprung, -x-x- Rücksprung. Registriergeschwindigkeit 10 mm/sec

gebastelt. Am vorderen Ende waren in der Vertikalen gerade Pappschienen angebracht (gegenüber gekrümmten bei dem Styroporgestell), die ein müheloses Einlegen der Lesevorlagen gestatteten. Die am Kopf (Stirnmitte und Nasenbein) anliegenden Teile wurden mit Schaumgummi gepolstert. Das Gesamtgewicht des Gestells betrug mit Lesevorlage ca. 90 g. Damit war es etwas leichter als das Styroporgestell und entsprach etwa dem Gewicht einer normalen Brille.

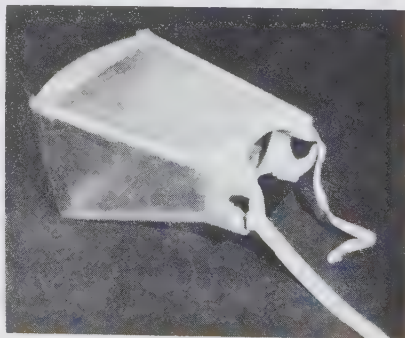
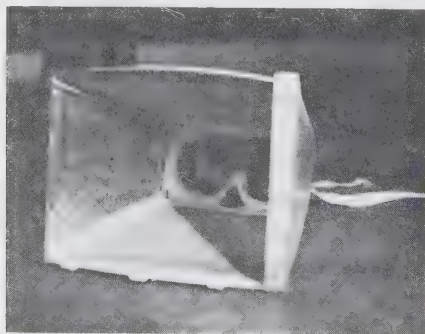


Abb. 11: Holzgestell zur Befestigung der Lesevorlagen am Kopf der Vp

5.4 Die Analyse der Augenbewegungskurve

Wie der in Abb. 10 dargestellte Kurvenzug des Registriergeräts zeigt, können die verschiedenen Variablen der Augenbewegungen beim Lesen mit "bloßem Auge" identifiziert werden: Der Zeigerausschlag nach oben bedeutet einen Rücksprung, der Zeigerausschlag nach unten einen Vorsprung, der Zeigerücklauf bedeutet eine Fixation. (Die Zuordnung der Bewegungsrichtung der Augen zu der des Registrierinstruments kann durch Vertauschen der Elektrodeneingänge umgekehrt werden.).

Die Polygraphenkurve setzt sich also aus Zykloïdbögen (in guter Näherung Kreisbögen) für die Augenbewegungen und aus Kurvenstücken einer Exponentialfunktion für die Fixationen zusammen, in Abbildung 12 wird dies zur besseren Übersicht nochmals schematisch dargestellt.

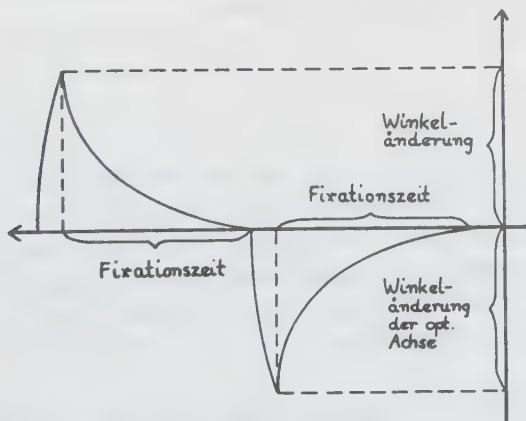
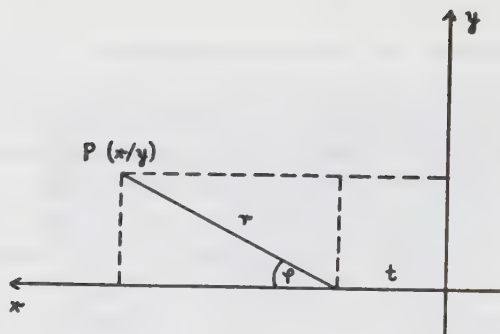


Abb. 12: Schematische Darstellung eines EOG-Kurvenzuges, wie er bei einer AC-Registrierung auftritt

Unter diesen Verhältnissen gelten folgende Transformationsbedingungen:



$$x = t + r \cos \varphi = u(t, \varphi)$$

$$t = x - r^2 - y^2$$

$$y = t + r \sin \varphi = v(t, \varphi)$$

$$\varphi = \arctan \frac{y}{r^2 - y^2} \left(\begin{array}{l} \arctan \\ \text{Hauptwert} \end{array} \right)$$

Auf der Basis des im Polygraphen fest installierten 100 mV Eichsignals lassen sich die so bestimmten Kennwerte in Potentialänderungen umrechnen.

5.5 Die Eichung

Die Voraussetzungen, um den registrierten Spannungsänderungen Lesebewegungen der Augen zuordnen zu können, sind, kurz wiederholt, folgende: Die vom bewegten Auge abgeleitete corneo-retinale Potentialänderung ist im Bereich von ca. $\pm 30^\circ$ dem jeweiligen Auslenkungswinkel der optischen Achse proportional.

Für unsere Versuchsanordnung gelten folgende Bedingungen: Die Zeilenlänge der Lesevorlage beträgt ca. 15 cm, ihre Entfernung vom Auge ca. 30 cm. Dies entspricht einer Drehung des Auges von ca. 28° vom Zeilenanfang zum Zeilenende, bezogen auf das Zyklopenauge also $\pm 14^\circ$. Da durch die Versuchsanordnung Kopfbewegungen relativ zur Lesevorlage ausgeschlossen sind, können die registrierten Spannungsänderungen der Augenbewegung zugeordnet werden, wobei von Proportionalität ausgegangen werden kann.

Für die Eichung wurden Vorlagen verwendet, die nach dem Schema fortgesetzter Mittelung aufgebaut waren.

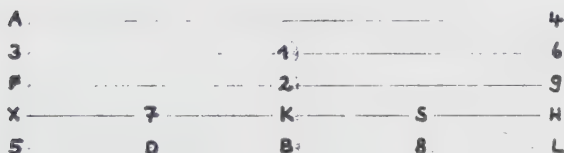


Abb. 13: Eichvorlage

Je nach Fragestellung wurden an die Stelle der Buchstaben Punkte, Ziffern oder andere Zeichen gesetzt.

Als ein erstes Ergebnis der Eichversuche zeigte sich, daß es für die Vpn außerordentlich schwer war, die Augen über eine längere Zeit fast ausschließlich willentlich zu bewegen. Dies gelang störungsfrei erst nach einem beträchtlichen Maß an Übung. Deshalb wurden die Eichversuche zum größten Teil nur mit einer einzigen Vp durchgeführt und nur für spezielle Fragen auf eine kleine Stichprobe ausgedehnt. (Letztere bestand aus einer Therapie-Gruppe von 8 - 10 Kindern, die ein- bis zweimal pro Woche zur Verfügung stand. Diese Kinder waren für die Eichprozeduren besonders geeignet, da bei ihnen das Lesen und auch die Versuchsteilnahme zur wöchentlichen spielerischen Betätigung gehörte. Störfaktoren im Sinne des oben besprochenen warming-up konnten als weitgehend ausgeschlossen betrachtet werden.)

Um die Fixationszeit in den Eichversuchen isoliert variieren zu können, wurde die "Eich-Vp" trainiert, die Augen nach den Schlägen eines Metronoms zu bewegen.

Die Eichversuche zogen sich über mehr als zwei Jahre hin und erstreckten sich auf alle als Variable identifizierten Bedingungen des Versuchs, wie z.B. die Elektroden, die Elektrodenpositionen, die Reinigung der Ableitungsstelle, das Lesegestell, den Neigungswinkel der Lesevorlage, die Größe der Vorlage, die Arten der Buchstaben, den Inhalt der Lesevorlagen, den Leseabstand etc. Sie sollen im folgenden exemplarisch an der Eichung der Verstärkung dargestellt werden:

Abbildung 14 zeigt die Registrierung der Augenbewegungen beim "Lesen" von vier Zeilen, die ersten beiden Zeilen enthalten drei gleichabständige Buchstaben, die beiden anderen 5 gleichabständig Buchstaben (jeweils zwei der mittleren beiden Zeilen der in Abbildung 13 dargestellten Vorlage).

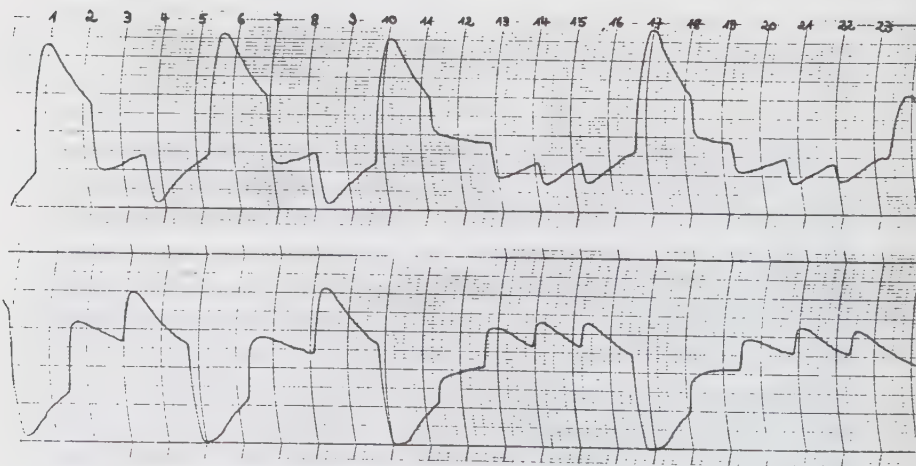
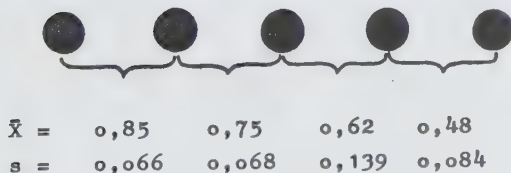
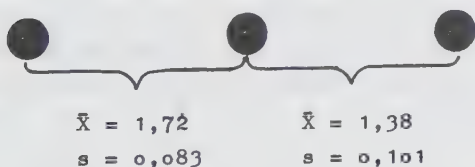


Abb. 14: Registrierung der Augenbewegungen beim Lesen einer Eichvorlage mit 2 Zeilen à 3 und 2 Zeilen à 5 Buchstaben

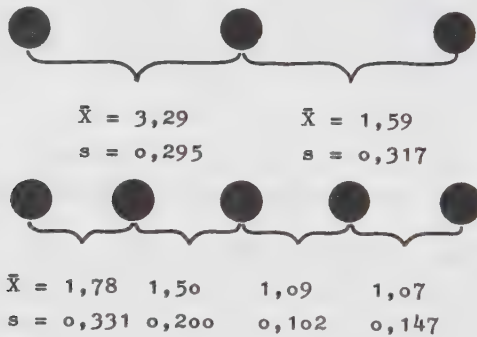
Die Buchstaben wurden im Takt eines Metronoms betrachtet. Bei der oberen Registrierung wurde in normaler Richtung gelesen, bei der unteren Zeile für Zeile rückwärts. (Am Rande sei vermerkt, daß es sich nicht um ausgesucht schöne Registrierungen handelt, sondern um solche unserer hochgeübten Eich-Vp.)

Vergleicht man in der Abbildung 14 die Sprünge in der Zeile (die Zeigerausschläge bei der Zeitmarkierung 2,2 und 7,0 mit denen bei 3,6 und 8,2), so fällt auf, daß jeweils der erste Sprung größer ist als der zweite, obwohl die Distanz zwischen den einzelnen Fixationsorten auf der Lesevorlage gleich ist. Dasselbe ist bei der unteren Registrierung zu beobachten, wo Zeile für Zeile rückwärts gelesen wurde.

Für 8 Leseversuche dieser Art ergeben sich folgende Sprunghöhen in Zentimeter bei der Eich-Vp, wobei Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen über dieselbe Distanz summiert wurden (pro Distanz 16 Werte):



Für eine andere Vp, die nur zu diesem einen Versuch herangezogen wurde, ergaben sich bei 10 Lesedurchgängen, d.h. 20 Werte pro Distanz, folgende Mittelwerte und Streuungen:



Dies bedeutet also, daß gleiche Distanzen auf der Vorlage zu ungleichen Registrierungen führten. Die Abnahme der registrierten Ausschläge schien einer Exponentialfunktion zu folgen. Dies legte die Vermutung nahe, daß die Ursache dafür im technischen Bereich zu suchen war, wenn man etwa an die Kennfunktion der Kondensator-Entladung denkt. Da diese Hypothese unter den gegebenen Umständen (keine entsprechende Werkstatt) am schwersten zu prüfen war, wurden zunächst andere mögliche Ursachen geprüft. Eine asymmetrische Ableitung oder eine Verschiebung der Vorlage konnte ausgeschlossen werden, da sich beim Rückwärts-Lesen die Verhältnisse nicht geändert hatten, ebenso eine vom Führungsauge her resultierende Wirkung.

Als nächstes wurde die Mechanik des Tintenschreibers geprüft, indem derselbe Versuch mit einem Kathodenstrahl-Oszillographen registriert wurde. Auch unter diesen Bedingungen waren die Sprünge zum Ende der Zeile hin kürzer. Eine mechanische oder elektrische Erscheinung am Registrierinstrument konnte also ausgeschlossen werden.

Ferner bestand die Möglichkeit, daß die Vp gar nicht den vorgesehenen Fixationsort fixiert hatte, da die Zeichen hinreichend bekannt waren und nicht mehr in der fovea centralis abgebildet werden mußten, um richtig gelesen werden zu

können. Bezog man in diese Überlegungen die Mikrobewegungen des Auges, die etwa 30' ausmachen, und die Größe der Fovea centralis von etwa 0,4 mm ($1,3^{\circ}$) mit ein, so erschien die Hypothese zumindest prüfenswert.

Dazu wurden zunächst statt der lateinischen Buchstaben griechische Buchstaben und andere Zeichen (&, §, \$, %, <) verwendet, die als weniger geläufig angesehen werden konnten.

Zwar führte dies zu denselben Ergebnissen wie zuvor, aber es schien uns die Hypothese der extrafovealen Wahrnehmung nicht hinreichend zu prüfen, da ja die Vp bei einem möglichen unwillkürlichen ersten Durchmustern der Vorlage die Zeichen hätte schon hinreichend identifizieren können. Um die Frage beantworten zu können, wurden statt der Zeichen an der entsprechenden Stelle der Vorlage Löcher angebracht, durch die die Vp hindurchblicken mußte.

Da auch unter diesen Bedingungen die Sprünge zum Ende der Zeile hin kürzer wurden, schien uns die Frage geklärt, die Ursache dafür müßte in der Verstärkung gesucht werden.

Eine provisorische Bestückung des Verstärkers mit einem anderen, die Zeitkonstante verkürzenden Kondensator brachte die in Abbildung 15 dargestellte Registrierung. Es ist zu sehen, daß die Verkürzung der Sprünge damit beseitigt war. Die noch immer vorhandene Variation der Sprunghöhen

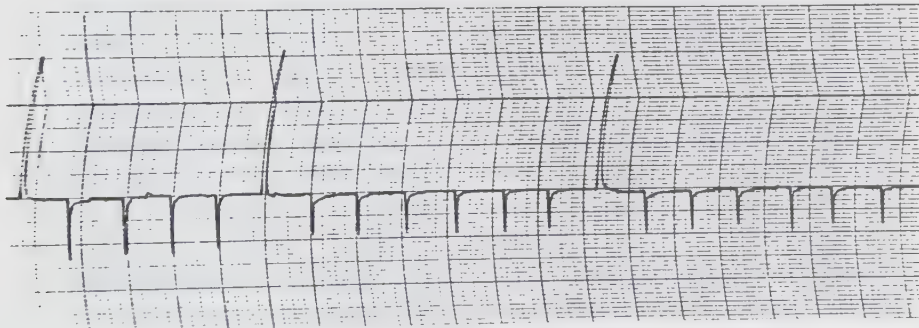


Abb. 15: Wirkung einer veränderten Zeitkonstante

von 1 - 2 mm ist, wie weitere Versuche zeigten, wohl in erster Linie auf die Mechanik des Drehspulinstruments zurückzuführen, das offensichtlich für so schnelle Bewegungen nicht konstruiert ist.

Für den Leseversuch mit der Standard-Ausführung des Polygraphen ergab sich aus diesen Versuchen, daß zur Bestimmung des Fixationsortes auf der Lesevorlage die registrierten Bewegungen der Augen rechnerisch korrigiert werden mußten. Die Korrekturfunktion ergibt sich aus der bekannten Entladungsfunktion des die Zeitkonstante regelnden Kondensators. Da eine teil-maschinelle Auswertung des Versuches vorgesehen war, wäre dies prinzipiell möglich gewesen. Andererseits hatten u.a. die Versuche von MACKENSEN gezeigt, daß die auf die Lesevorlage projizierten Fixationsorte des Auges in keiner erkennbaren systematischen Beziehung zu den gelesenen Wörtern standen (derart, daß beispielsweise vorwiegend Wortanfänge oder Wortenden o. ä. fixiert würden). Hierzu besteht, wie sich aus den dargestellten tachistoskopischen Versuchen ergeben hat, scheinbar "für das Auge keine Notwendigkeit", da bei einer Fixationsdauer von 150 - 300 ms ja zumindest Wörter von 10 - 15 Buchstaben identifiziert werden können.

Bezieht man in diese Überlegungen andererseits die Mikrobewegungen der Augen, die auch während der Fixation auftreten, mit ein, so ergibt sich bei einem Leseabstand von 30 cm für die fovea centralis selber bereits ein Projektionsort auf der Lesevorlage, der etwa 1 cm Durchmesser hat. Zusammen mit dem Meßfehler der Augenbewegungsmessung, der unter günstigen Bedingungen ebenfalls etwa in dieser Größenordnung liegt, ergibt sich für die Lokalisation des Fixationspunktes ein Bereich, der kaum noch in Beziehung zu speziellen Merkmalen eines einzelnen Wortes gebracht werden könnte. Ganz abgesehen davon, daß der Lesebereich ja durchaus nicht auf die Fovea centralis beschränkt zu sein scheint.

Aus diesen Überlegungen heraus erschien die Lokalisation des Fixationsortes, die zudem noch über eine Regression

hätte errechnet werden müssen, zu aufwendig. Wir entschlossen uns deshalb, sie einem späteren Versuch vorzubehalten, bei dem EOG-Daten on line verarbeitet werden, so daß zumindest die Mechanik des Tintenschreibers und die Handauswertung des Registrierstreifens als Fehlerquellen entfallen.

6. Darstellung des Experiments

6.1 Versuchsplan

Für den Aufbau des Versuchs ist voranzuschicken, daß die Übertragung von Untersuchungsergebnissen aus dem angelsächsischen Sprachraum aus den genannten Gründen nicht ohne weiteres möglich ist. Im deutschen Sprachraum liegen andererseits bisher kaum psychologische Arbeiten über die Bewegung der Augen beim Lesen vor. Zudem sind sie aufgrund der ungelösten methodischen Probleme in erster Linie mit erwachsenen Vpn angestellt worden. Angesichts dessen kann die folgende Untersuchung über die Augenbewegungen von Kindern beim Lesen nicht viel mehr als den Rang eines umfangreicheren Erkundungsexperiments beanspruchen.

Aus der Arbeit von VANECEK (1972) ergeben sich allerdings einige Gesichtspunkte, auf die besonderes Augenmerk gerichtet werden soll. Dazu gehört in erster Linie die direkte Messung der Fixationsdauer, die dort durch Division der Fixationsanzahl durch die Lesezeit ermittelt wurde. Durch die direkte Messung entfällt der Schätzfehler, der sich daraus ergibt, daß bei diesem Verfahren der auf die Sakka-den entfallende Zeitanteil nicht mehr willkürlich angenommen werden muß. Ferner eröffnet die direkte Messung der Fixationszeit die Möglichkeit, sie nach Vor- und Rücksprüngen getrennt zu betrachten und die Verteilung der Fixationszeiten über die Zeile zu ermitteln.

Durch eine Gegenüberstellung von guten und schlechten Lesern, von lautem und leisem Lesen sowie von schweren und leichten Texten sollen Anhaltspunkte für die Bedeutung der genannten Variablen und über die Entwicklung der Lesefertigkeit gewonnen werden.

Für den Versuch werden folgende Fragestellungen und Hypothesen formuliert:

In welchem Zusammenhang mit dem Lesevorgang stehen die in diesem Versuch gemessenen Variablen der Augenbewegung:

Fixationsdauer

Fixationsanzahl

Anzahl der Vor- und Rücksprünge

Fixationsart (unterschieden nach Fixationen nach Vorsprüngen und Fixationen nach Rücksprüngen)

Was läßt sich hierüber sagen auf Grund der Variation der folgenden Variablen:

Unterschiedlich schwere Texte

Lautes - leises Lesen

Gute - schlechte Leser

Es ergibt sich folgender Versuchsplan:

	Textschwierigkeit					
	1 leise	1 laut	2 leise	2 laut	3 leise	3 laut
Gute Leser						
Schlechte Leser						

Überträgt man die Ergebnisse der in den Kapiteln drei und vier dargestellten Arbeiten auf den Versuch mit Kindern, so lassen sich folgende einseitige Hypothesen formulieren:

- | | |
|--|---|
| 1. Schwierigere Texte sind verbunden mit | mehr Fixationen
mehr Rücksprüngen
längeren Fixationen |
| 2. Lautes Lesen ist verbunden mit | mehr Fixationen
mehr Rücksprüngen
längeren Fixationen |
| 3. Gute Leser haben beim Lesen | weniger Fixationen
weniger Rücksprünge
kürzere Fixationen |

In Sinne des Erkundungsexperiments soll als zweiseitige Hypothese u. a. geprüft werden, ob sich die Fixationen nach Vorsprüngen von denen nach Rücksprüngen unterscheiden.

Zur Prüfung der Hypothesen werden, um Verteilungsfragen und um besonders im Hinblick auf die Textschwierigkeit auch Skalierungsfragen zu umgehen, folgende non-parametrische Testverfahren verwendet: L-Test von PAGE (LIENERT 1973, S. 358) für Textschwierigkeit (einseitige Hypothesen), FRIEDMANN-Test (LIENERT 1973, S. 350) für zweiseitige Hypothesen und der WILCOXON-MANN-WHITNEY-Test (LIENERT 1973, S. 230) für gute und schlechte Leser.

Ohne eine gerichtete Hypothese soll der Frage nach der Verteilung der Fixationszeiten über die Zeile nachgegangen werden.

6.2 Die Herstellung der Texte

Einige der referierten Arbeiten haben z.T. schon gezeigt, daß es methodische Probleme mit sich bringt, hinsichtlich ihrer Schwierigkeit abgestufte Texte herzustellen. Im Grunde müßte dies Gegenstand einer separaten Untersuchung sein, denn ein allgemein akzeptiertes Maß für die Schwierigkeit von Wörtern oder Texten gibt es bisher noch nicht.

Die u.a. von VANECEK versuchte informationstheoretische Bestimmung der Schwierigkeit erscheint im vorliegenden Fall

schon allein deshalb wenig erfolgversprechend, weil die in die Berechnung eingehenden relativen Auftretswahrscheinlichkeiten der Wörter, wie sie sich aus MEIER (1967) ergeben, ja durch Auszählen von bestimmten Publikationen zustande kamen. Dies dürfte kaum geeignet sein, Leseschwierigkeiten bei Kindern vorherzusagen.

Ein wesentliches Problem muß darin gesehen werden, daß mit dem Begriff Schwierigkeit im Zusammenhang mit Wörtern oder Texten sehr Unterschiedliches bezeichnet wird: Lesbarkeit im Sinne von Identifikation eines Wortes oder eines Textes, Sprechbarkeit, Merkbarkeit. Dementsprechend werden auch unterschiedliche Parameter als Maß der Schwierigkeit verwendet: Wortlänge, Assoziationswert, Sinngehalt etc.

Die Schwierigkeiten lassen sich auch nicht so ohne weiteres durch die im Grunde naheliegende direkte Skalierung lösen, wie sich etwa bei ALBERT und MURCH (1969) gezeigt hat, die zwar Schwierigkeit beurteilen lassen wollten, offensichtlich aber Urteile über die Sprechbarkeit erhalten haben. (Die zehn schwersten Silben lauten: GUW, TIH, FOW, NIW, WOV, VUW, LIW, KAW, TEW, VAH, die zehn leichtesten: HIS, PIN, MOT, KIM, DOR, MAL, PIT, DOG, MAN, ROT.)

Für die vorliegende Arbeit hätten direkt skalierte Schwierigkeitsgrade den Vorteil, daß sie mit den physiologischen Parametern verglichen werden könnten, deren Tauglichkeit für die Schwierigkeitsbestimmung in der dargestellten Literatur mehrfach behauptet worden ist.

Leider mußte dieses Versuchsziel einer separaten Arbeit vorbehalten bleiben, da es sich als außerordentlich kompliziert erwiesen hatte, Kinder zu Urteilen über Wörter und Konsonant-Vokal-Konsonant-Trigramme (im folgenden KVK-Trigramme) zu veranlassen, die einerseits hinreichend differenzierten, andererseits in ihrer Reliabilität akzeptabel waren. Verschiedene Verfahren wurden von uns versuchsweise verwendet: vollständige und unvollständige Paarvergleiche,

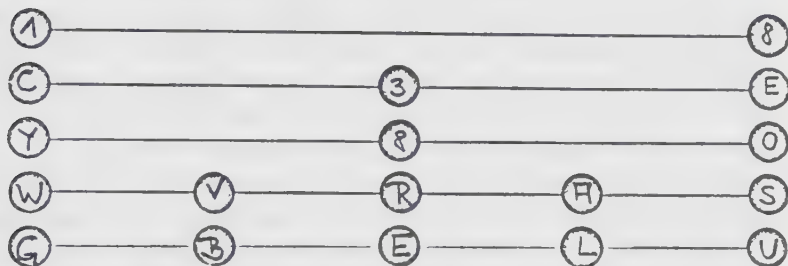
verschieden instruierte, verbalisierte und angeordnete fünfstufige Skalen. Als schließlich ein Verfahren gefunden war, das den Anforderungen entsprach, war es so umständlich, daß es für eine erste Augenbewegungsuntersuchung nicht mehr in Frage kam.*

Die bei den Skalierungsversuchen gemachten Beobachtungen legten nahe, mit der Wortlänge wenigstens eine der wesentlichen Variablen der Schwierigkeit konstant zu halten, da sie in bisherigen Untersuchungen hauptsächlich durch nachträgliches Auszählen von Silben oder Morphemen berücksichtigt worden ist.

Dementsprechend wurde ein einigermaßen sinnvoller Text aus 99 dreibuchstabigen Wörtern verfaßt. (Die dabei entstandenen Anklänge an konkrete Lyrik sind unfreiwillig, ließen sich aber nicht ganz vermeiden.) Die Texte bestanden aus neun Zeilen mit jeweils elf Wörtern. Die Zwischenräume zwischen den Wörtern wurden variiert, um die "Dreibuchstabigkeit" der Wörter nicht unnötig hervorzuheben. Die Zeilenlänge betrug konstant 13,7 cm. Geschrieben wurden die Texte mit einer sogenannten Kanzleischrift-Schreibmaschine, deren Großbuchstaben ca. 4,5 mm und deren Kleinbuchstaben ca. 3,5 mm groß sind. Abgesehen von der Typengröße unterschied sich die Schrift nicht von der einer normalen Schreibmaschine. Am Anfang des Textes befanden sich zwei Pufferzeilen, die nicht ausgewertet werden sollten. Am Ende des Textes wurde ebenfalls eine Zeile angehängt, um auf dem Registrierpapier das Textende durch einen

*Da nach SCHÖNPFLUG und VETTER (1975) für den deutschen Sprachraum bisher keine Untersuchungen über die Sprechbarkeit und Lesbarkeit von KVK-Trigrammen vorliegen, soll die in unseren Versuchen am besten differenzierende Skala im Anhang S.5 trotzdem vorläufig mitgeteilt werden. (Ihre Verwendbarkeit für KVK-Trigramme, für Penta- und Hexagramme sowie für dreibuchstabige sinnvolle Wörter ist an Kindern im Alter von 9 - 12 Jahren geprüft.)

nachfolgenden Zeilensprung eindeutig identifizieren zu können. Abbildung 16 zeigt die Photokopie der Original-Lesevorlage.



Meine Großeltern haben einen besonders schönen Gutshof, wo ich öfters meine Ferien verbringe. Was das für ein Hof war! Von ein Uhr bis elf Uhr war ich mit dem Rad auf dem Weg von Ulm zum Hof von Opa und Oma, der nah bei Bad Ems lag. Als ich ums Eck bog und zum Tor kam, sah ich Oma, sie saß vor der Tür und las. Was war los mit ihr? Sie sah alt aus. Opa kam mit dem Reh und Eva auf dem Arm vom See her. Ach, sie sah süß aus! Tag für Tag war ich nun mit Eva und dem Reh bei Ute auf der Alm. Wie fix für uns die Zeit verging, könnt Ihr Euch vorstellen!

Abb. 16: Textvorlage aus dreibuchstabigen sinnvollen Wörtern. Die ersten beiden und die letzte Zeile werden nicht ausgewertet.

Die zweite Textvariante ergab sich aus einer Zufallsfolge dieser sinnvollen Wörter, dabei wurden die Satzzeichen mitverwendet, um das Layout des Textes zu erhalten:

Zufallsfolge der dreibuchstabigen sinnvollen Wörter (mit den Pufferzeilen):

Schönen einen besonders Großeltern meine haben Ferien
 öfters meine ich wo verbringe Gutshof.
 Uns dem Ulm auf sah der! und nah Weg bis für
 und süß Eva sie vor Hof der dem Uhr und sah
 und ihr saß Eck Oma auf ein fix wie mit sie
 Reh. Mit dem uns und Rad von Alm nun ach, dem
 las Oma, ich Opa sie das der ich her. War mit
 ich als von? Ute war auf was. See kam was sah
 lag Hof ich bog mit Tag vom Opa las. Kam, Ems
 zum was ein! Bei für Arm aus und Tor. Bad aus
 Uhr für Reh Tag dem alt Tür zum bei von elf
 was verging Zeit euch, vorstellen die könnt ihr.

Als dritter Text sollten zunächst KVK-Trigramme verwendet werden. Da diese jedoch in ihrer phonetischen Struktur deutlich von den sinnvollen Wörtern abwichen, was vor allem für das laute Lesen von Bedeutung sein mochte, zogen wir es vor, die sinnvollen dreibuchstabigen Wörter durch Änderung eines Vokals sinnlos zu machen. Dafür wurde der phonetisch jeweils nächstliegende Vokal gewählt, wie er sich aus dem sogenannten Vokalviereck ergibt (BÜNTING 1971, WERNER und HUNDSNURSCHER 1971), vorausgesetzt, es ergab sich dadurch nicht wieder ein sinnvolles Wort. In Ausnahmefällen wurde auch ein Konsonant geändert (See → Zee). Für die Pufferzeilen am Anfang und als Schlußzeile wurden KVK-Trigramme verwendet.

Sinnloser Text (ohne Pufferzeilen):

Ons dim Olm euf soh dör! Ond noh Wig büs fir
 ond siß Öva zie var Hef dör dim Ahr ond soh
 ond ehr soß Öck Uma euf, aun fex vie met zie
 Rih. Met dim oms ond Rud van Olm nin och, dim
 los Uma, ech Upa zie dos dör ech här. Wor met
 ech ols van. Ite wor euf wos. Zee kom wos soh
 log Hef ech bag met Tog vam Upa los. Kom, Öms

Zim wos aun Beu fir Orm eus ond Tar. Bod eus
Ahr fir Rih Tog dim olt Tir zim beu van ölf.

Von den im Zusammenhang mit der Arbeit von VANECEK (1972) angestellten Überlegungen ausgehend, wird man diese drei Texte zwar als unterschiedlich schwer zu lesende Vorlagen betrachten können, jedoch nicht als Abstufungen der Leseschwierigkeit im engeren Sinn: Im Fall des sinnvollen Textes aus dreibuchstabigen Wörtern kann in gewissem Umfang noch von einem sinnentnehmenden Lesen gesprochen werden, wohingegen bei der Zufallsfolge der dreibuchstabigen Wörter und in besonderem Maß bei den sinnlosen Buchstabenkombinationen nur noch ein Umsetzen von Graphemen in Phoneme möglich ist. Letzteres könnte man als Null-Fall, als einen Pol eines Bezugssystems Lesen ansehen, an dessen anderem Ende vielleicht so etwas wie Aktualisierung von vorhandenen Bewußtseinsinhalten durch Lesen steht, was im tachistoskopischen Experiment durch Benennen eines Wortumfeldes vor der Exposition dargestellt wird.

Um diesem Aspekt näher zu kommen und um gleichzeitig einen Text mit variabler Wortlänge zu haben, wählten wir als vierte Lesevorlage einen Ausschnitt aus einem Märchen, das einem Lesebuch für vierte Klassen entnommen ist. Der feste Erzähleingang, das vertraute Personeninventar, die vertrauten Motive und die klischeehaften Wendungen sollten Verständnisfragen soweit wie möglich in den Hintergrund treten lassen.

Märchentext (neun Zeilen, 73 Wörter, die letzte Zeile wurde nicht ausgewertet, die geringere Wortzahl mußte in Kauf genommen werden, um die gleiche Zeilenlänge wie bei den anderen Texten (13,7 cm) zu erhalten):

Es war einmal ein Hirtenbübchen, das war wegen
seiner weisen Antworten auf alle Fragen weit
und breit berühmt. Der König des Landes hörte
auch davon, glaubte es aber nicht und ließ

das Bübchen kommen. Er sprach zu ihm: "Kannst du mir auf drei Fragen Antwort geben, so will ich dich ansehen wie mein eigen Kind, und du sollst bei mir in meinem königlichen Schloß wohnen." Da sprach das Büblein: "Wie lauten die drei Fragen?" Der König sagte die erste.

Neben diesen Texten, die die Kinder in einer Zufallsfolge lasen, wurde noch eine Reihe anderer verwendet, die jedoch lediglich dazu dienten, die Versuchsanordnungen einzuführen, die Geräte zu justieren etc.

Alle Texte wurden zuerst leise, dann laut gelesen. Im Hinblick auf die Möglichkeiten, Aussagen über das laute Lesen zu machen, ist dies sicherlich von Nachteil; andererseits bietet LIENERT (1973, s. 350 ff.) auch für diese Anordnung eine Auswertung an, so daß dieser Nachteil in Kauf genommen werden konnte.

Zwei Überlegungen waren für die Wahl dieser Versuchsanordnung maßgebend: Vor allem schwächere Kinder mit dem Vorlesen etwa des sinnlosen Textes beginnen zu lassen, hätte eine deutliche Überforderung bedeutet. Demgegenüber hätte besonders bei den guten Lesern etwa das Vorlesen des Märchentextes ein nachfolgendes leises Lesen möglicherweise zum bloßen Betrachten werden lassen, da sie den Inhalt ja schon kannten.

Indem das leise dem lauten Lesen grundsätzlich voranging, schien uns die Situation eindeutiger bestimmt und zudem auch natürlicher: Die Kinder lesen den Text zunächst leise für sich durch, um ihn anschließend vorzulesen. Außerdem stellt diese Anordnung eine Prüfung gegen die Hypothese dar, da lautes Lesen als schwerer erachtet wird.

6.3 Die Auswahl der Stichprobe

Die Versuche fanden in der Gesamtschule Hollfeld (Oberfranken) statt *). Die in dieser Schule vorhandenen sieben 5. Klassen mit insgesamt 215 Schülern umfassen sämtliche Kinder dieses Alters im Schulsprengel Hollfeld-Wonsees. Sie wurden mit einem Intelligenztest (FAT 4-6, BELSER, ANGER und BARGMANN 1972), einem Rechtschreibtest (DRT 4-5, MEIS 1970) und einem Lesetest untersucht. Da sich bei Untersuchungen an derselben Schule in den Jahren zuvor gezeigt hatte, daß der Lesetest VL 6-5 (ANGER, BARGMANN und VOIGT 1971) für die Kinder des ländlichen Einzugsgebietes der Hollfelder Schule zu schwer war, hatten wir zuvor aus den Formen A und B des Tests "Lesen 4" (WENDELER 1973) eine unsere Stichprobe besser differenzierende Variante hergestellt und einer Testanalyse unterzogen.

Aufgrund der drei Testergebnisse wurden nach Gesichtspunkten der Legasthenie-Diagnose zwei Extremgruppen zusammengestellt. D.h. die beiden Gruppen entsprachen sich hinsichtlich der IQ-Werte (> 100) bei minimaler Lese- und Rechtschreibleistung (Gruppe 2) in der einen und maximaler Leistung (Gruppe 1) in der anderen Gruppe. Beide Gruppen enthielten zudem gleichviel männliche und weibliche Vpn.

Auf die in diesem Zusammenhang maßgeblichen Überlegungen und die sich aus der Untersuchung ergebenden Gesichtspunkte für den Problemkreis der Legasthenie soll an anderer Stelle eingegangen werden, da dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde (Bericht 1976 der Forschungsstelle für Hauptschulprobleme an der Universität Bayreuth, Veröffentl. in Vorbereitung).

*) Dem Leiter der Schule, Herrn Studiendirektor O. Hofmann, der der Arbeit großes Interesse entgegenbrachte, gilt mein besonderer Dank, ebenso dem stellvertretenden Leiter, Herrn A. Saam, ohne dessen Hilfe die organisatorische Eingliederung des Versuchs in den komplizierten Schulbetrieb einer integrierten Gesamtschule kaum möglich gewesen wäre.

Für die vorliegende Arbeit ist hervorzuheben, daß es sich um zwei intelligenzhomogene Gruppen handelte, die sich jedoch hinsichtlich der Lese- und Rechtschreibleistung extrem unterschieden.

Zunächst waren je sieben männliche und sieben weibliche Vpn für jede Gruppe ausgewählt worden. Da jedoch während der Versuchsdurchführung ein Junge aus Gruppe 1 und ein Mädchen aus Gruppe 2 erkrankten, wurde die Anzahl von Jungen und Mädchen auf jeweils sechs reduziert, um die Ausgeglichenheit der beiden Gruppen zu erhalten. Die Tabellen auf den folgenden Seiten zeigen die Daten der beiden Gruppen (Tab. 5 und 6).

Tab. 5: Gruppe 1 (maximale Lese- und Rechtschreibleistung)

Vp Nr.	Name	Kl.	Geb. Dat.	Beruf Vater	Mutter berufst.	FAT 4-6 IQ	LT Fehler	DRT 4-5 RW PR
1	Hildegard B.	5.6	20. 1.64	Bauer	-	101	6	4 98
3	Ingrid G.	5.7	24. 2.64	Schneidermeister	-	103	12	17 80
4	Annemarie G.	5.2	30. 4.64	Rentner	-	111	13	10 91
5	Ulrike K.	5.6	30. 4.64	Bau-Vorarbeiter	-	110	7	3 98
6	Claudia L.	5.2	11. 1.64	Kaufm. Angest.	-	115	16	19 77
7	Barbara T.	5.6	24. 3.64	Bauer	-	109	17	10 91
9	Dieter B.	5.2	23.12.63	Bauer	-	121	23	27 71
10	Elmar B.	5.7	13. 9.64	Hausmeister	-	108	16	12 92
11	Stephan F.	5.2	16. 8.64	Kraftfahrer	-	112	10	10 95
12	Werner H.	5.7	10. 4.64	Bauer	-	113	8	9 96
13	Hans-Peter M.	5.2	14. 7.64	Kraftfahrer	+	124	6	17 86
14	Gerhard U.	5.7	2. 4.64	Bauer	-	118	13	13 91

Tab. 6: Gruppe 2 (minimale Lese- und Rechtschreibleistung)

Vp Nr.	Name	Kl.	Geb. Dat.	Beruf Vater	Mutter berufst.	FAT 4-6 IQ	LT Fehler	DRT 4-5 RW PR
15	Petra A.	5.1	6. 5.64	Maurer	-	113	39	55 13
16	Elvira B.	5.1	3. 8.64	Bauer	-	113	33	60 9
17	Barbara D.	5.4	24. 8.64	Bauer	-	102	45	65 6
18	Rita G.	5.2	27. 5.64	Zimmermann	-	115	36	52 16
20	Susanne M.	5.3	22. 6.64	Schreiner	+	100	39	68 5
21	Andrea W.	5.2	7. 1.64	Städt. Arbeiter	-	93	44	64 6
23	Helmut B.	5.5	14.12.64	Bauer	+	102	45	79 2
24	Harald B.	5.2	7. 8.64	Schreiner- meister	-	108	43	56 22
25	Peter G.	5.2	1. 8.64	Versich.- Kaufmann	+	115	38	71 5
26	Helmut H.	5.7	31. 7.64	Bauer	-	108	37	78 3
27	Franz K.	5.4	28.12.64	Schmied	+	105	37	79 2
28	Thomas S.	5.3	30. 8.64	verstorben	+	103	48	70 5

6.4 Die Durchführung der Augenbewegungsuntersuchung

Entsprechend den aus der Eichung der Versuchsanordnung sich ergebenden Überlegungen wurden die Kinder klassenweise zum Versuch herangezogen. Aus jeder Klasse waren neben den eigentlichen Vpn ein Junge und ein Mädchen zusätzlich ausgewählt worden als sogenannte "Puffer-Vpn". Sie nahmen lediglich am Versuch teil, um die Versuchsanordnung den eigentlichen Vpn demonstrieren zu können und diesen damit gleichzeitig Gesprächspartner für Fragen über den Versuchsablauf zu sein.

Der regelmäßige Versuchsablauf sah folgendermaßen aus: Die Vpn aus einer Klasse kamen gemeinsam in den Versuchsraum (ein Elternsprechzimmer, das uns von der Schule großzügigerweise für die knapp dreiwöchige Dauer der Augenbewegungsuntersuchung zur Verfügung gestellt worden war). Mit den beiden Puffer-Vpn wurde eine Augenbewegungsuntersuchung durchgeführt, während die anderen Kinder zuschauten und Fragen stellen konnten. Nebenher wurden die Geräte und das Versuchsziel ("wir wollen sehen, was eure Augen machen, wenn ihr lest") erklärt. Anschließend gingen die Kinder in die Klasse zurück und wurden, nachdem der Versuch neu vorbereitet worden war, einzeln gerufen.

Die Dauer eines Einzelversuchs betrug etwa eine bis eineinhalb Stunden. Hiervon entfielen je nach der Lesegeschwindigkeit der Vpn ca. 15 - 40 min auf den Leseversuch, d.h. auf das leise bzw. laute Lesen der Versuchstexte. Die übrige Zeit wurde für die Vor- und Nachbereitung des Versuchs benötigt. Hierzu gehörte das Reinigen der Ableitungsstellen vor und nach dem Versuch, das Ankleben der Elektroden, das Justieren des Geräts, das Anlegen des Lesegestells etc.

Vor Beginn des Leseversuchs wurden ein oder mehrere Probeversuche gemacht, die eine Qualitätskontrolle der Registrierung ermöglichten. Gelegentlich mußte der Sitz der Elektroden oder des Lesegestells korrigiert werden.

Während der Versuchspausen wurden die Elektroden mit Wattestäbchen und Salzwasser gereinigt und in eine (^{ein}~~hoch~~-prozentige) physiologische Kochsalzlösung eingelegt. Da die Leitfähigkeit der Elektroden mit der Zeit vermutlich auf Grund von minimalen Resten der Elektroden-Paste, die sich an der Elektrodenoberfläche ablagerten, nachließ, wurden sie mehrfach elektrolytisch behandelt, entsprechend den bei WOODWORTH und SCHLOSBERG (1954, S. 139-140) gemachten Angaben.

6.5 Beobachtungen bei der Versuchsdurchführung

Die Kinder waren vor Beginn des Versuchs zunächst sehr aufgeregt; besonders die ersten zwei "Puffer-Vpn", die uns bei der Testdurchführung als besonders stabil erschienen waren, mußten mit viel Geduld und Bonbons (von denen im Gesamtverlauf des Versuchs mehrere Kilo verbraucht wurden) behandelt werden.*)

Schon beim allerersten Versuch fing die Vp beim Anlegen der Elektroden an zu weinen. Zufälligerweise waren die als Zuschauer vorgesehenen Vpn noch nicht im Raum, so daß aus dieser Situation für den Versuch wohl keine absehbaren Nachteile entstanden sind. Der Versuch wurde sofort abgebrochen und mit der anderen Vp fortgesetzt, deren anfänglicher Mut natürlich inzwischen auch ziemlich zusammengeschmolzen war. Trotzdem verlief der Versuch ohne größere Zwischenfälle, wenn man davon absah, daß der Schweiß der ersten Aufregung die Klebeelektroden schon nach kürzester Zeit abfallen ließ, d.h. eine Messung nicht möglich war. Inzwischen hatte sich das andere Kind so weit beruhigt, daß auch mit ihm der Versuch durchgeführt werden konnte. Bevor die beiden jedoch ihren Mut den anderen Kindern zeigen durften, wurde der Versuch mit jedem

*) Bei der Versuchsdurchführung wurde ich von FrI. stud. paed. Fischer und den Herren stud. paed. Dörfler und Oberender unterstützt.

der beiden nochmals durchgeführt. Sicherheitshalber holten wir uns zunächst nicht die eigentlichen Vpn, sondern die Puffer-Vpn aus den anderen Klassen als Zuschauer.

Anschließend wurden jedem der Kinder die Elektroden und das Darbietungsgestell angelegt. (Unser Mut-Zusprechen wurde dabei von einigen nun bereits deutlich als "unter ihrer Würde" empfunden.)

Die Vpn wurden erst wieder in ihre Klassen entlassen, nachdem wir einigermaßen sicher sein konnten, jeden einzelnen von der Harmlosigkeit des Versuchs überzeugt zu haben. Den Problemrest hofften wir durch das Verteilen von Süßigkeiten beseitigen zu können, im Sinne des verhaltenstherapeutischen Gedankens von der "Unvereinbarkeit von Furcht und Essen" (was sich übrigens in dieser unkomplizierten Form als durchaus unbeobachtbar erwies).

Der erste Versuchstag war damit abgeschlossen, da die Kinder Gelegenheit haben sollten, in ihren Klassen über die Versuche zu berichten.

Diese erste Versuchsserie hatte bestätigt, daß eine emotional entspannte Situation für die Versuchsdurchführung tatsächlich eine unabdingbare Voraussetzung ist, nicht nur wegen des Sitzes der Elektroden, sondern auch deswegen, weil die Kinder unter Angst einen "flackernden Blick" hatten, d.h. die Augenbewegungen waren, wenn sie überhaupt aufgezeichnet werden konnten, außerordentlich unruhig und dyskoordiniert.

Am zweiten Versuchstag wurden die Vpn zunächst zum Zuschauen beim Versuch, dann zum Versuch selber geholt. Inzwischen hatten sich die V1 und die Puffer-Vpn soviel Routine erworben, daß die weiteren Versuche weitgehend reibungslos abliefen.

In zwei Fällen war die Angst der Vpn trotz aller Bemühungen

so groß, daß eine normale Versuchsdurchführung nicht gewährleistet war. Es wurde zwar trotzdem ein EOG abgenommen, um diese Kinder nicht zum Anlaß von Gerüchtbildung werden zu lassen, aber die Ergebnisse wurden nicht verwertet.

6.6 Auswertung

Die Aufbereitung und Auswertung der Augenbewegungsregistrierung gliederte sich in mehrere Phasen:

Zunächst wurde jede einzelne Fixation mit Bleistift auf dem Registrierpapier markiert. Abbildung 17 zeigt einen Ausschnitt aus einer Registrierung mit den markierten Fixationen bzw. Sakkaden.

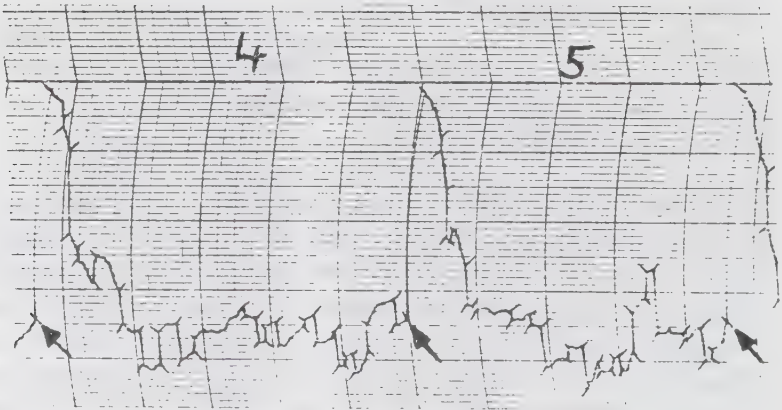


Abb. 17: Fixationen bzw. Sakkaden

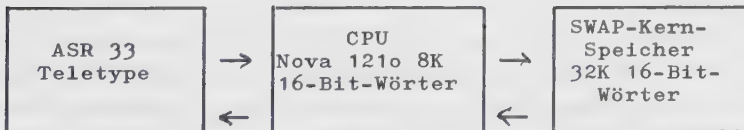
Die so gekennzeichneten Punkte wurden mit einem DEMAG-Digitalisiererschaltkreis gewandelt. *) Die Ausgabe der Kartesischen Koordinaten erfolgte auf Lochstreifen mit vier Dezimalstellen pro Koordinate (ASC II - Code).

*) Der Direktor des Instituts für Werkstoffwissenschaften IV der Universität Erlangen, Herr Prof. Ilchner, gestattete die mehrwöchige Benutzung der an seinem Institut vorhandenen Anlage, wofür wir ihm zu besonderem Dank verpflichtet sind, ebenso Herrn Dipl. Phys. Pschenitzka, der uns bei der Bedienung der Anlage unterstützte.

Die Genauigkeit der Digitalisierung beträgt nach Angaben der Herstellerfirma ca. $1/10 - 1/5$ mm. Durch mehrfache Digitalisierung desselben Meßstreifens und durch den Vergleich dieser Ergebnisse mit den von Hand gemessenen Ergebnissen wurde sowohl intra- wie interindividuell die Genauigkeit für alle fünf Benutzer geprüft. Sie stimmte sehr gut mit den Angaben der Hersteller überein. *)

Die für die Markierung und Digitalisierung notwendige Zeit betrug pro Vp ca. einen Tag.

Durch die Digitalisierung wurde die Polygraphen-Kurve in eine Folge von bedeutsamen Punkten aufgelöst. Diese Daten wurden mit dem Rechner Nova 1210 der Firma Data General anhand geometrischer Kriterien in Fixationen und Sakkaden getrennt und verrechnet. Das Programm identifizierte ca. 98 % der Fälle richtig, der Rest wurde nach Augenschein entschieden.



Die Verarbeitung der digitalisierten Daten erfolgte im einzelnen folgendermaßen: Zunächst wurde auf dem von jedem einzelnen Lesedurchgang jeder Vp vorhandenen Lochstreifen der eigentliche Versuchsbeginn (ohne Eichung und Pufferzeilen) markiert, mit dem Lochstreifenleser des Teletypes eingelesen und anschließend zur Kontrolle ausgedruckt (in den noch nicht gewandelten Kartesischen Koordinaten).

*) Für die Unterstützung bei der Digitalisierung bin ich Herrn Dipl.Math. Algayer, Frau E. Algayer, Frl. A. Heinisch und Herrn H.J. Dörfler zu Dank verpflichtet.

Vor jedem Text wurden von Hand zusätzliche Steuerinformationen eingegeben. Dann wurde das Leseprogramm mit einem zweiten Programm überschrieben, das die Kartesischen in Polygraphen-Koordinaten rückverwandelte und die Diskrimination von Sakkaden und Fixationen realisierte. In einem sich hieran anschließenden Dialog-Arbeitsgang wurden die vom Rechner produzierten Ergebnisse (die einzelnen Fixationszeiten) Zeile für Zeile mit dem Originalmeßstreifen verglichen. Der Vergleich erstreckte sich im wesentlichen auf die Abfolge von Sakkaden und Fixationen sowie auf die Größenordnung der Fixationszeit, die dank der Bogenordinaten unseres Registrierpapiers relativ gut aus der Polygraphen-Kurve abgelesen werden konnte. Dabei wurden Fehler, die beim Markieren, Digitalisieren und beim Stanzen bzw. beim Einlesen der Lochstreifen (durch mechanische Unzulänglichkeit der Geräte) entstanden waren, korrigiert. Bei einigen Zeilen war dies nicht mehr möglich, sie wurden deshalb bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt (ca. 2-3 % des Versuchsmaterials).

Die kontrollierten und korrigierten Daten wurden mit einem dritten Programm für die Statistiken und das Layout verarbeitet und ausgedruckt. Außerdem wurden die Fixationszeiten zur Datensicherung ausgestanzt.

Die für die Datenverarbeitung notwendige Zeit betrug pro Vp ca. zwei Tage. Die offensichtliche Umständlichkeit der Verarbeitung ergab sich aus unserer sehr langsamen Eingabe/Ausgabe-Einheit (Teletype) und dem mit 8K kleinen Arbeitsspeicher, der die Teilung und das dauernde Überschreiben der Programme notwendig machte.

Die sich bereits bei der Versuchsdurchführung und bei der Markierung der Fixationen abzeichnenden überdeutlichen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Fixationsanzahl und der Fixationsdauer veranlaßten uns, die Stichprobe aus ökonomischen Gründen zu reduzieren, da

kaum ein Informationsgewinn durch die größere Vpn-Zahl zu erwarten gewesen wäre. Es wurden deshalb aus beiden Gruppen jeweils drei männliche und drei weibliche Vpn zufällig für die vollständige Datenverarbeitung ausgewählt.

Die größere Vpn-Zahl war ursprünglich deshalb als notwendig erachtet worden, weil vor der Versuchsdurchführung nicht abzusehen gewesen war, ob die Kinder bei der Augenbewegungsmessung überhaupt mitmachen würden und ob unter den feld-ähnlichen Bedingungen, die eine Durchführung in einer Schule mit sich bringt (Pausenlärm, Lautsprecher, Klingeln), auswertbare Versuche zustande kämen. Da die Stichprobe hinsichtlich des IQ und des Geschlechts balanciert war, hätte die Nicht-Auswertbarkeit einer Vp oder ein Ausfall aus anderen Gründen u.U. den Verlust von weiteren drei Vpn nach sich gezogen.

7. Darstellung der Ergebnisse

Die große Zahl der im vorliegenden Versuch ausgewerteten Daten bietet keine Möglichkeit, sie in unverarbeiteter Form mitzuteilen. Im folgenden werden deshalb nur Mittelwerte dargestellt. Auf den Seiten sechs und sieben des Anhangs finden sich Beispiele für die pro Zeile angefallenen Daten (S. 6 stellt einen guten, S. 7 einen schlechten Leser dar).

Tabelle 7 auf den folgenden Seiten zeigt, aufgegliedert nach Vpn, Texten, leisem und lautem Lesen, die mittlere Fixationsanzahl pro Zeile und die mittlere Lesezeit pro Zeile. Letztere ist aus der Summe der einzelnen Fixationsdauer geteilt durch die Zeilenzahl errechnet, d.h. die auf die Sakkaden entfallende Zeit ist darin nicht enthalten.

Die Ergebnisse auf die Zeile zu beziehen, erwies sich als notwendig, weil insgesamt 22 Zeilen (2,5 %) nicht in die Auswertung einbezogen werden konnten, hauptsächlich deswegen, weil beim Digitalisieren eine Fixationsmarkierung ausgelassen worden war oder aus den bereits genannten technischen Gründen.

Ferner ist die mittlere Fixationsdauer pro Text berechnet worden, die zusätzlich noch getrennt wird in Fixationsdauer nach Vorsprüngen und Fixationsdauer nach Rücksprüngen.

Die Vor- und Rücksprünge selbst sind aus den oben genannten Gründen wiederum auf die Zeilen bezogen. Ihre Summe stimmt in der Regel nicht mit der auf Grund der Fixationsanzahl zu erwartenden Zahl von Sakkaden überein. Dies hat seinen Grund darin, daß einem Vorsprung direkt ein Rücksprung folgen kann und umgekehrt, zum anderen wurden beim Markieren der Fixationen und Sakkaden auf dem Registrierstreifen solche Bewegungen der Augen, die in ihrem Ausmaß

Tab. 7: Mittlere Fixationsanzahl und Fixationszeit pro Zeile. Mittelwerte und Streuungen der Fixationsdauer insgesamt und getrennt nach Vor- und Rücksprüngen pro Zeile bei verschiedenen Texten sowie bei lautem und leisem Lesen. Zeit in Sekunden. Die Indices stehen für die Gruppenzugehörigkeit 1: Gute Leser, 2: Schlechte Leser.

Vp	Parameter	3 Buchst. Sinnv. Text		3 Buchst. Zufallsfolge		3 Buchst. Sinnl. Silb.		Märchen- text	
		leise	laut	leise	laut	leise	laut	leise	laut
8 _{1♀}	1 $\bar{x}$ Fix. Anzahl	8.44	10.78	10.88	13.89	14.33	16.00	6.44	8.78
	2 $\bar{x}$ Fix. Zeit	1.94	2.69	3.08	4.58	5.88	6.19	1.23	2.08
	3 $\bar{x}$ Fix. Dauer	.23	.25	.28	.33	.41	.39	.19	.24
	4 s Fix. Dauer	.1	.16	.13	.22	.20	.24	.09	.11
	5 $\bar{x}$ Vorsprünge	5.89	7.11	8.25	9.56	11.00	11.50	4.67	6.67
	6 $\bar{x}$ Fix. Dauer	.23	.27	.29	.35	.43	.44	.20	.26
	7 s Fix. Dauer	.1	.16	.14	.23	.20	.24	.08	.12
	8 $\bar{x}$ Rücksprünge	1.56	2.67	1.63	3.44	2.22	3.63	.78	1.44
	9 $\bar{x}$ Fix. Dauer	.24	.18	.24	.27	.33	.29	.16	.15
	10 s Fix. Dauer	.23	.22	.23	.17	.20	.24	.04	.11
12 _{1♀}	1	12.22	12.45	16.25	17.00	14.78	19.33	9.11	9.89
	2	3.41	3.29	4.98	5.17	6.74	8.87	2.27	2.34
	3	.28	.26	.31	.30	.46	.46	.25	.24
	4	.16	.16	.18	.18	.28	.35	.13	.14
	5	9.56	9.45	12.38	12.22	11.56	13.56	7.11	7.44
	6	.29	.26	.33	.31	.46	.49	.26	.25
	7	.16	.15	.19	.19	.29	.34	.13	.14
	8	1.78	2.09	3.25	3.78	1.67	3.78	1.00	1.56
	9	.24	.27	.23	.26	.45	.35	.17	.15
	10	.18	.25	.12	.19	.35	.41	.24	.13
9 _{1♀}	1	9.11	11.11	16.78	14.78	17.50	18.11	7.56	8.33
	2	2.07	2.99	4.75	5.15	7.49	7.92	1.66	2.27
	3	.23	.27	.28	.35	.43	.44	.22	.27
	4	.15	.19	.19	.24	.27	.28	.13	.18
	5	5.67	8.67	11.78	10.89	13.38	13.56	5.33	6.33
	6	.25	.28	.30	.35	.44	.46	.24	.25
	7	.16	.19	.20	.23	.27	.29	.13	.17
	8	2.56	1.89	4.56	3.00	3.00	3.56	1.33	1.56
	9	.17	.22	.24	.36	.37	.37	.13	.37
	10	.12	.22	.17	.30	.27	.26	.27	.29

Vp	Parameter		3 Buchst. Sinnv. Text		3 Buchst. Zufallsfolge		3 Buchst. Sinnl. Silb.		Märchen- text	
			leise	laut	leise	laut	leise	laut	leise	laut
11 ₁₀	1	$\bar{X}$ Fix. Anzahl	12.11	11.44	20.22	17.50	21.56	24.44	9.56	10.38
	2	$\bar{X}$ Fix. Zeit	2.78	2.98	4.77	4.38	7.30	7.76	2.19	2.18
	3	$\bar{X}$ Fix. Dauer	.23	.26	.24	.25	.34	.32	.23	.21
	4	s Fix. Dauer	.14	.19	.13	.16	.23	.21	.13	.13
	5	$\bar{X}$ Vorsprünge	8.67	8.11	13.11	12.13	14.11	15.56	6.89	6.88
	6	$\bar{X}$ Fix. Dauer	.23	.28	.24	.28	.37	.36	.23	.24
	7	s Fix. Dauer	.13	.18	.13	.16	.26	.22	.13	.14
	8	$\bar{X}$ Rücksprünge	2.78	2.67	6.44	5.00	6.56	8.89	1.78	2.88
	9	$\bar{X}$ Fix. Dauer	.21	.19	.22	.19	.27	.24	.23	.13
	10	s Fix. Dauer	.18	.27	.14	.18	.17	.20	.13	.12
13 ₁₀	1		13.00	14.22	18.88	15.56	16.67	18.88	8.13	11.67
	2		2.49	2.85	4.21	4.29	5.09	6.83	1.31	2.44
	3		.19	.20	.22	.28	.31	.36	.16	.21
	4		.15	.14	.16	.20	.21	.25	.07	.12
	5		8.13	9.11	12.00	11.00	11.11	12.75	4.75	7.33
	6		.20	.23	.23	.29	.29	.36	.17	.24
	7		.16	.15	.14	.20	.17	.25	.07	.13
	8		4.00	4.89	5.75	4.00	3.67	5.13	1.88	3.50
	9		.17	.15	.21	.24	.34	.37	.15	.14
	10		.13	.13	.20	.23	.32	.29	.12	.11
14 ₁₀	1		11.00	13.67	14.56	21.67	18.67	21.89	7.38	11.78
	2		2.54	2.87	3.55	4.69	6.59	7.07	1.37	2.49
	3		.23	.21	.24	.22	.35	.32	.19	.21
	4		.12	.14	.14	.14	.22	.20	.11	.13
	5		7.56	8.89	10.33	13.67	13.22	13.89	5.25	7.44
	6		.24	.22	.26	.24	.39	.35	.19	.23
	7		.11	.14	.13	.15	.23	.22	.11	.13
	8		2.56	3.67	3.33	7.00	4.56	6.89	1.13	3.11
	9		.20	.17	.21	.17	.25	.26	.18	.16
	10		.15	.15	.20	.13	.22	.17	.07	.14

Vp	Parameter		3 Buchst. Sinnv. Text		3 Buchst. Zufallsfolge		3 Buchst. Sinnl. Silb.		Märchen- text	
			leise	laut	leise	laut	leise	laut	leise	laut
16 _{2q}	1	$\bar{x}$ Fix. Anzahl	17.00	18.67	17.56	20.22	20.89	24.11	13.11	13.67
	2	$\bar{x}$ Fix. Zeit	5.18	4.74	5.70	6.36	10.35	10.10	3.13	2.91
	3	$\bar{x}$ Fix. Dauer	.30	.25	.32	.31	.50	.42	.24	.21
	4	s Fix. Dauer	.20	.16	.16	.20	.33	.30	.11	.15
	5	$\bar{x}$ Vorsprünge	11.89	12.33	13.00	14.44	15.00	16.78	9.11	8.33
	6	$\bar{x}$ Fix. Dauer	.31	.26	.34	.32	.51	.40	.24	.24
	7	s Fix. Dauer	.19	.16	.16	.21	.34	.29	.11	.17
	8	$\bar{x}$ Rücksprünge	4.11	5.56	3.56	4.89	4.78	6.44	3.00	4.33
	9	$\bar{x}$ Fix. Dauer	.30	.24	.27	.28	.44	.45	.22	.15
	10	s Fix. Dauer	.25	.19	.17	.18	.33	.33	.14	.11
25 _{2q}	1		14.89	15.00	18.44	18.11	19.33	25.88	11.00	14.00
	2		6.08	5.90	7.62	7.32	11.58	13.65	3.76	4.02
	3		.41	.39	.41	.40	.60	.53	.34	.29
	4		.34	.30	.30	.26	.47	.41	.20	.20
	5		9.89	10.33	12.33	13.11	13.11	17.38	7.22	8.67
	6		.42	.39	.42	.41	.62	.56	.37	.29
	7		.38	.30	.31	.27	.47	.40	.20	.19
	8		4.00	3.78	5.11	4.00	5.11	7.50	2.89	4.44
	9		.36	.40	.40	.39	.54	.45	.27	.27
	10		.21	.32	.28	.24	.48	.45	.20	.23
23 _{2q}	1		14.44	14.44	21.78	21.33	29.00	25.33	14.44	12.22
	2		6.21	5.11	7.42	6.86	10.86	11.29	4.18	3.40
	3		.32	.35	.34	.32	.37	.45	.29	.28
	4		.19	.19	.19	.19	.24	.35	.21	.16
	5		13.44	11.33	15.33	14.67	19.00	17.22	10.00	9.67
	6		.33	.40	.35	.35	.41	.49	.29	.29
	7		.20	.19	.17	.21	.25	.37	.19	.16
	8		5.11	2.89	6.00	6.22	9.75	7.67	3.44	1.67
	9		.28	.18	.33	.25	.31	.36	.29	.22
	10		.18	.18	.23	.15	.22	.33	.28	.07

Vp	Parameter	3 Buchst. Sinnv. Text		3 Buchst. Zufallsfolge		3 Buchst. Sinnl. Silb.		Märchen- text	
		leise	laut	leise	laut	leise	laut	leise	laut
18 _{2d}	1 $\bar{x}$ Fix. Anzahl	20.33	21.33	21.56	20.56	19.75	26.14	17.33	14.22
	2 $\bar{x}$ Fix. Zeit	7.23	6.54	8.96	8.81	12.92	15.37	5.69	4.00
	3 $\bar{x}$ Fix. Dauer	.36	.31	.42	.43	.65	.59	.33	.28
	4 s Fix. Dauer	.22	.18	.39	.37	.53	.49	.22	.17
	5 $\bar{x}$ Vorsprünge	14.22	13.44	14.89	14.11	13.63	18.14	12.67	10.00
	6 $\bar{x}$ Fix. Dauer	.37	.29	.45	.45	.76	.67	.32	.28
	7 s Fix. Dauer	.22	.17	.43	.39	.57	.54	.22	.15
	8 $\bar{x}$ Rücksprünge	5.44	7.33	6.78	5.56	5.25	7.57	4.11	3.56
	9 $\bar{x}$ Fix. Dauer	.30	.34	.34	.37	.35	.38	.35	.30
	10 s Fix. Dauer	.25	.21	.28	.30	.34	.32	.25	.25
28 _{2d}	1	14.78	15.89	19.67	22.13	17.89	22.25	10.78	10.78
	2	5.57	5.78	7.51	9.51	10.26	15.24	3.53	3.66
	3	.38	.36	.38	.43	.57	.69	.33	.34
	4	.24	.24	.22	.36	.46	.54	.21	.19
	5	10.89	11.67	13.44	15.00	13.00	14.88	8.11	8.22
	6	.39	.37	.38	.46	.61	.74	.33	.34
	7	.22	.24	.23	.37	.49	.56	.20	.18
	8	3.22	3.44	5.22	7.25	4.44	7.13	1.67	1.89
	9	.33	.31	.39	.37	.46	.59	.30	.34
	10	.36	.23	.18	.36	.37	.48	.28	.30
26 _{2d}	1	22.33	24.22	23.13	27.89	25.11	34.25	17.22	21.22
	2	8.82	9.86	10.11	12.03	14.22	22.87	5.37	5.86
	3	.39	.41	.44	.43	.57	.67	.31	.28
	4	.29	.43	.32	.28	.53	.55	.18	.16
	5	14.22	15.11	16.00	17.44	17.78	22.38	11.33	13.00
	6	.37	.39	.40	.43	.61	.74	.29	.28
	7	.25	.29	.28	.23	.58	.59	.17	.13
	8	7.11	8.11	6.38	9.56	6.22	10.75	4.78	7.67
	9	.45	.44	.52	.44	.41	.52	.36	.27
	10	.38	.66	.42	.37	.31	.46	.23	.19

kleiner waren als das Auflösungsvermögen des Digitalisierendes, nur mit einem Strich gekennzeichnet, so daß zwei Fixationen oder auch zwei Sakkaden aufeinander folgen können.

7.1 Gesamtmittelwerte der Augenbewegungsparameter

Die Berechnung der Gesamtmittelwerte erfolgte auf der Basis der pro Zeile vorhandenen Mittelwerte jeder einzelnen Vp und jedes Textes, insgesamt 864 Zeilen. Ein Beispiel für den Zeilenausdruck befindet sich im Anhang (S. 6 und 7).

Tabelle 8 zeigt die Mittelwerte und Streuungen der Augenbewegungsparameter.

Parameter	$\bar{x}$	s
Mittlere Anzahl der Fixationen pro Zeile	16.52	4.95
Mittlere Fixationszeit pro Zeile (Lesezeit)	6.02	3.75
Mittlere Fixationsdauer	.34	.25
Mittlere Anzahl der Vorsprünge pro Zeile	11.44	3.12
Mittlere Dauer der Fixationen nach Vorsprüngen	.35*	.25
Mittlere Anzahl der Rücksprünge pro Zeile	4.38	2.08
Mittlere Dauer der Fixationen nach Rücksprüngen	.30*	.26

Tab. 8: Mittelwerte und Streuungen der Augenbewegungsparameter (Zeiten in Sekunden)

- *) Die Fixationsdauer nach Vorsprüngen ist von der nach Rücksprüngen signifikant verschieden: $\chi^2_r = 12,00$, der kritische Wert, der für $\alpha = 0,01$ überschritten werden muß, ist bei $df = 1$ $\geq 5,41$ (bei einseitiger Prüfung). Der FRIEDMAN-WERT χ^2_r entspricht im Fall der Prüfung zweier abhängiger Stichproben dem Vorzeichentest. Es werden hier dennoch die χ^2_r -Werte mitgeteilt, um die Vergleichbarkeit zu weiter unten mitgeteilten FRIEDMANN-Prüfungen mit mehreren abhängigen Stichproben zu gewährleisten.

Abbildung 18 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Fixationsanzahl pro Zeile.

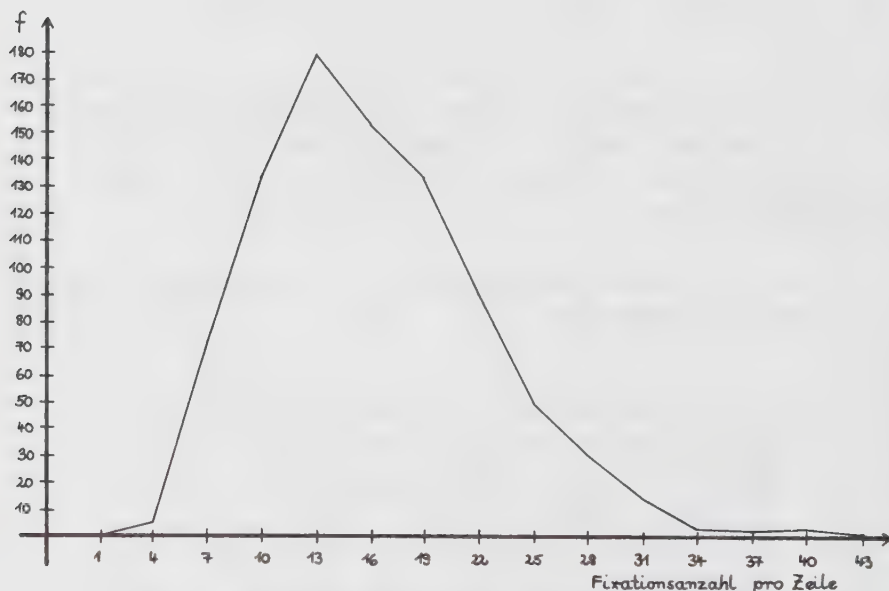


Abb. 18: Häufigkeitsverteilung der Fixationsanzahl pro Zeile

7.1.1 Diskussion

Auffällig bei der Betrachtung der Gesamtmittelwerte ist die hohe Zahl der Fixationen. Auf die durchschnittlich 10,5 Wörter einer Zeile entfallen 16,5 Fixationen, davon folgen 11,4 auf Vorsprünge und 4,4 auf Rücksprünge. D.h. der Leser fixiert jedes der insgesamt 740 Wörter etwas mehr als einmal, und auf knapp die Hälfte der Wörter (42 %) entfällt ein Rücksprung. Eine inhaltliche Deutung der Rücksprünge ist in der Literatur nicht zu finden. Es wird wohl als selbstverständlich angesehen, daß der Vorsprung die Informationsaufnahme darstellt. Beim Rücksprung hingegen bieten sich mehrere Deutungsmöglichkeiten an:

Er könnte eine Art Orientierung im Sinne des Umherblikkens bedeuten, er könnte aber auch als Rückversicherung zu verstehen sein. Die signifikanten Unterschiede zwischen der Fixationsdauer nach Vor- (0,35 sec) und der nach Rücksprüngen (0,30 sec) stützt jedenfalls die Vermutung, daß nach Vor- und nach Rücksprüngen unterschiedliche Verarbeitungsprozesse vorliegen. Außerdem bedeutet diese Differenz, daß die ausschließliche Berücksichtigung des Parameters Gesamtfixationsdauer zu einer Unterschätzung der für die Informationsaufnahme nötigen Zeit führt, da die kürzere Dauer nach Rücksprüngen den Mittelwert herabdrückt.

Die Asymmetrie der Verteilung der Fixationsanzahl (Abb. 18) ist deutlich, kann aber, da sie vermutlich mehrere Ursachen hat, nur mit Einschränkung gedeutet werden; in erster Linie resultiert sie wahrscheinlich daraus, daß die Fixationsanzahl durch die Aufgabenstellung nach unten begrenzt ist, jedoch nicht nach oben.

Die sich aus der Summe der Einzelfixationen ergebende Gesamtfixationszeit (Lesezeit) ist mit 6 Sekunden für eine Zeile von durchschnittlich knapp elf Wörtern erstaunlich lang. Dies verweist darauf, daß zumindest ein Teil der Aufgabe für die Kinder von großer Schwierigkeit war.

Insgesamt dürften die im vorliegenden Versuch gestellten Aufgaben wesentlich schwerer gewesen sein als etwa in der Untersuchung von BUSWELL 1922 (S. 21 dieser Arbeit), dessen Kennwerte der Augenbewegungsparameter bei der entsprechenden Altersstufe deutlich niedriger ausfallen (mittlere Fixationsanzahl 6,9, mittlere Fixationsdauer 252 ms, mittlere Zahl der Rücksprünge 1,3). Ein direkter Vergleich der Ergebnisse verbietet sich von selber, da die äußeren Bedingungen in beiden Untersuchungen unvergleichbar sind. Eine eingeschränkte Möglichkeit des Vergleichs ergibt sich jedoch, wenn man das im vorliegenden Versuch gefundene Verhältnis der Fixationsanzahl zur Anzahl der Rücksprünge in Beziehung setzt: es ergibt sich für die vorliegende Untersuchung ein Quotient von $16,5 : 4,4 = 3,75$.

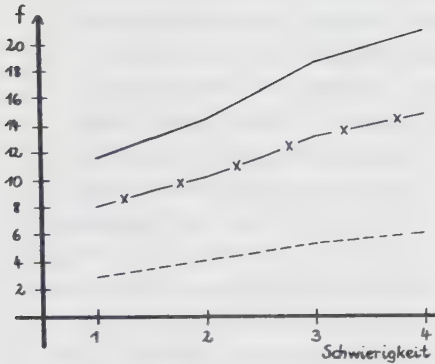
Ein entsprechender Quotient findet sich bei BUSWELL für die Jahrgangsstufe I B ($15,5 : 4,0 = 3,88$), was in etwa der ersten Jahrgangsstufe der Volksschule entspricht. Bedenkt man, daß die vorliegenden Daten von Kindern der fünften Jahrgangsstufe stammen, so muß in diesem deutlichen Unterschied wohl doch mehr gesehen werden, als auf Grund unterschiedlicher Schwierigkeit oder abweichender Versuchsbedingungen erklärt werden kann. Es bieten sich andere Hypothesen an, so etwa eine unterschiedliche Akzentuierung des Lesenlernens in beiden Kulturkreisen. Vorläufig jedoch soll die Erörterung dieser Frage zurückgestellt werden, bis weitere Untersuchungsergebnisse in die Diskussion einbezogen werden können.

7.2 Die Schwierigkeit der Texte

Trennt man die Versuchsergebnisse nach der Bedingung Texte, so ergeben sich die in Tabelle 9 dargestellten und in den Abbildungen 19, 20 und 21 veranschaulichten Mittelwerte. Sie bestätigen die im Versuchsplan formulierten Hypothesen.

	2	3	4	1
Parameter pro Zeile	3 Buchst. sinnv.	3 Buchst. Zufall	3 Buchst. sinnl.	Märchen- text
1 $\bar{X}$ Fixationsanzahl pro Zeile	14.72	18.77	21.01	11.63
2 $\bar{X}$ Fixationszeit pro Zeile	4.6	6.33	10.10	3.04
3 $\bar{X}$ Fixationsdauer	.30	.34	.47	.26
5 $\bar{X}$ Vorsprünge	10.07	12.97	14.74	8.00
$\bar{X}$ Fix.Dauer	.31	.34	.51	.27
8 $\bar{X}$ Rücksprünge	3.88	5.26	5.68	2.73
9 $\bar{X}$ Fix.Dauer	.27	.31	.39	.23

Tab. 9: Mittelwerte der Augenbewegungsparameter
getrennt nach Texten



*Abb. 19: Mittelwerte der Fixationsanzahl, Gesamtfix-Anzahl (—), Vorsprünge (x-x), Rücksprünge (---). Auf der Abszisse sind die Texte nach ihrer Schwierigkeit abgetragen (Kopf der Tab. 9).

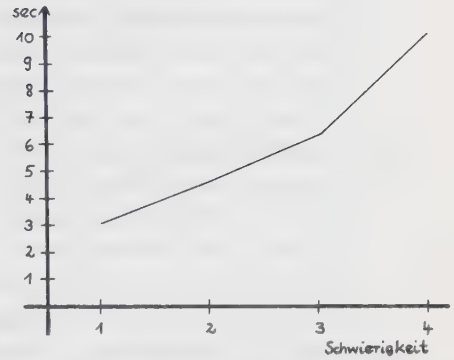


Abb. 20: Mittelwerte der Fixationszeit in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge der Texte

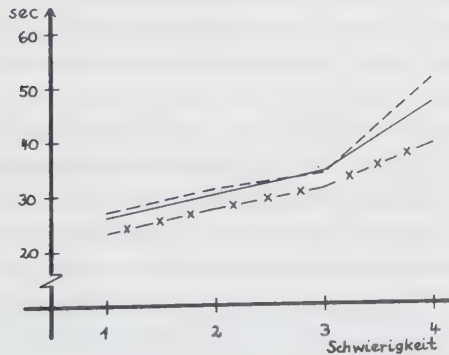


Abb. 21: Mittelwerte der Fixationsdauer in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge der Texte. Gesamtfix.Dauer (—), Fix.Dauer nach Vorspr. (---), Fix.Dauer nach Rückspr. (x-x)

*) Wir wählen diese Darstellungsform ihrer Übersichtlichkeit wegen, sie ist zudem mit dem Ordinalskalenniveau der Schwierigkeit der Texte vereinbar.

Die Mittelwerte der vier Texte sind bei allen Augenbewegungsparametern signifikant verschieden. Es ergibt sich folgende erwartete Rangfolge (s. o. Kap. 6.2): Märchentext, dreibuchstabiger sinnvoller Text, dreibuchstabiger sinnloser Text, dreibuchstabile sinnlose Silben. Die Abfolge wird bei keinem der Augenbewegungsparameter durchbrochen. D.h. zunehmende Schwierigkeit eines Textes geht einher mit einem Anstieg der Fixationsanzahl, der Fixationszeit (Lesezeit), der Fixationsdauer, der Vorsprünge und der Rücksprünge, sowie der Fixationsdauer nach Vor- und Rücksprüngen pro Zeile. Die beiden im Versuch verwendeten sinnvollen Texte unterscheiden sich in ihrer formalen Struktur in mehrfacher Hinsicht: Der Märchentext besteht aus 326 Buchstaben oder 115 Silben oder 73 Wörtern, der dreibuchstabige Text besteht aus 297 Buchstaben, 99 Silben oder 99 Wörtern.

Bezüge man in den Vergleich der Mittelwerte der Augenbewegungsparameter für das Lesen der beiden sinnvollen Texte die Buchstaben- oder Silbenzahl mit ein, so würde sich der Unterschied zwischen den beiden Texten noch vergrößern, da der sich schon jetzt als leichter darstellen- de Märchentext aus mehr Buchstaben bzw. mehr Silben besteht als der dreibuchstabige sinnvolle Text.

Ein Bezug auf die Zahl der Wörter hingegen reduziert die Unterschiede zwischen den beiden Texten. Über den Umfang der Reduktion gibt Tabelle 10 Auskunft, in der auch die zweiseitigen Überschreitungswahrscheinlichkeiten aufgeführt sind. Die Werte sind aus Tabelle 7 berechnet.

Parameter pro Wort	3 Buchst. sinnvoll	Märchen- text	χ^2_r	P
1. $\bar{X}$ Fix.Anz.	1.34	1.43	5.33	5 %
2. $\bar{X}$ Fix.Zeit	.42	.37	5.33	5 %
5. $\bar{X}$ Vorspr.	.92	.99	1.33	n.s.
8. $\bar{X}$ Rückspr.	.35	.34	1.33	n.s.

Tab. 10: Vergleich der Augenbewegungsparameter der beiden sinnvollen Texte, bezogen auf die Zahl der Wörter

Bezieht man die Augenbewegungsparameter auf die Zahl der gelesenen Wörter, so kehren sich die Verhältnisse bezüglich der Fixationsanzahl gegenüber einem Bezug auf die Zeile (Tab. 9) um: Für den Märchentext werden signifikant mehr Fixationen benötigt als für den dreibuchstabigen sinnvollen Text. Auch bei den Vor- und Rücksprüngen kehrt sich die Richtung um, allerdings ohne daß die Unterschiede signifikant würden.

Bei der Fixationszeit (Lesezeit) hingegen bleibt die Richtung des Unterschieds erhalten: Zum Lesen des Märchentextes wird, auch bezogen auf das einzelne Wort, signifikant weniger Zeit benötigt als für den dreibuchstabigen sinnvollen Text. Der Märchentext wird mit anderen Worten mit mehr, aber kürzeren Fixationen gelesen, der dreibuchstabile sinnvolle Text mit weniger, aber längeren Fixationen.

7.2.1 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, daß es gelungen ist, zumindest auf Rangskalenniveau die Schwierigkeit der Texte systematisch zu steigern. Grob gesehen verdoppeln sich vom Märchentext zu den sinnlosen Silben die Kennwerte der Augenbewegungsparameter. Allem Anschein nach kann davon ausgegangen werden, daß alle Augenbewegungsparameter etwas über die Schwierigkeit der Texte aussagen (wobei die Lesezeit als Summe der einzelnen Fixationen einen abhängigen Parameter darstellt). Das Ergebnis kann mit anderen Worten als eine Bestätigung der Validität der Augenbewegungsparameter für Textschwierigkeit angesehen werden. Zunehmende Schwierigkeit eines Textes führt zu einer Steigerung der Fixationsanzahl, der Fixationsdauer und der Zahl der Vor- bzw. Rücksprünge.

Diese Aussage ist im Prinzip auf die Zeilenlänge bezogen; da jedoch Text 2, Text 3 und Text 4 hinsichtlich der Buchstaben-, der Silben-, der Wörterzahl und der Wortlänge

identisch sind, kann sie auch verallgemeinert werden. Hieran schließt sich als ein interessanter Aspekt für weitere Untersuchungen die Frage an, ob sich bei intervallskaliertem Textschwierigkeit der monotone Trend der Beziehung zu den Augenbewegungsparametern erhält.

Die Unterschiede zwischen dem Märchentext und dem dreibuchstabigen sinnvollen Text weisen auf die eingangs diskutierte Frage der Einheit hin: Auf der Basis der Wörter fällt der Vergleich der beiden Texte uneinheitlich aus, auf der Basis der Buchstaben, Silben und Zeilen stellt sich der Märchentext als der leichtere von beiden dar.

Ein Vergleich auf der Basis der Zeilenlänge mag zunächst verblüffen. Stellt man sich jedoch streng physiologisch auf den Standpunkt, daß beim Lesen Orte schärfsten Sehens aneinandergereiht werden, so kann auch die Zeilenlänge als eine der möglichen Vergleichsbasen angesehen werden; zumal, da im vorliegenden Fall eine Projektion der fovea centralis auf die Lesevorlage unter Einschluß der Mikrobewegungen immerhin eine Fläche von knapp einem Zentimeter Durchmesser ergibt.

Folgende Deutung der Unterschiede zwischen den beiden sinnvollen Texten erscheint möglich: Für das Lesen längerer Wörter, wie sie der Märchentext enthält, sind mehr Fixationen notwendig als für das Lesen der kürzeren Wörter des dreibuchstabigen Textes. Da jedoch die längeren Wörter als die dem Leser vertrauteren angesehen werden können (abgesehen vielleicht vom "Hirtenbübchen") und zudem keine Sinnprobleme auftauchen, können die Fixationen kürzer ausfallen. Demgegenüber ist die Sinnentnahme beim dreibuchstabigen Text erschwert, dementsprechend muß länger fixiert werden.

Diese Interpretation deckt sich auch mit Beobachtungen beim Vorlesen der Texte. Beim Lesen des Märchentextes bemühten sich die Kinder um einen erzählenden, mit der Interpunktion übereinstimmenden Ton. Bei dem dreibuchstabigen Text dagegen

war der Tonfall leiernder, und die phonetische Einbeziehung der Satzzeichen gelang kaum, da die Kinder, in den Sinn des Textes verstrickt, von ihnen immer wieder überrascht wurden.

Auf der Basis dieser Interpretation stellt sich die Dauer der Fixation als ein Parameter für Sinnverständnis und Vertrautheit des Wortes dar, die Fixationsanzahl scheint in ihrer Abhängigkeit von der Wortlänge mehr ein lesetechnischer oder physiologischer Parameter zu sein.

Bezieht man in die Betrachtung die Zahl der Vorsprünge mit ein, so fällt auf, daß bei beiden Texten auf jedes Wort knapp ein Vorsprung entfällt: beim dreibuchstabigen sinnvollen Text .92, beim Märchentext .99, wobei zu berücksichtigen ist, daß beim letzteren die Wortlänge zwischen einer und fünf Silben variiert.

Die bisher zusammengetragenen Ergebnisse und die daraus formulierten Hypothesen sprechen für das Wort als Einheit der Augenbewegung beim Lesen, ohne daß allerdings, wie in der Diskussion der Literatur vermutet wurde, ein bestimmter Augenbewegungsparameter diese Einheit in besonderem Maße abbildet. Auch die beim Vergleich der beiden sinnvollen Texte sich mehr als lesetechnischer Parameter darstellende Anzahl der Fixationen nimmt ja mit steigender Schwierigkeit bei den Texten 3 und 4 zu, wenngleich hier einschränkend vermerkt werden muß, daß besonders bei dem vierten Text nicht mehr in der vollen Bedeutung des Wortes gelesen wird, sondern nur noch Grapheme in Phoneme umgesetzt werden.

7.3 Leises und lautes Lesen

Bei der Darstellung des Versuchsplanes wurde bereits darauf verwiesen, daß die Möglichkeiten, über die Unterschiede zwischen leisem und lautem Lesen Aussagen zu machen, dadurch

eingeschränkt werden, daß das eine dem anderen grundsätzlich voranging. Bei der Betrachtung der in der Tabelle 11 dargestellten Ergebnisse muß dies berücksichtigt werden.

Parameter pro Zeile	2		3		4		1	
	3 Buchst. sinnv. Text		3 Buchst. Zufallsfolge		3 Buchst. sinnl. Silb.		Märchen- text	
	leise	laut	leise	laut	leise	laut	leise	laut
1 $\bar{X}$ Fix. Anz.	14.16	15.27	18.31	19.22	18.96	23.06	11.01	12.24
2 $\bar{X}$ Fix. Zeit	4.53	4.66	6.06	6.60	9.11	11.09	2.98	3.09
3 $\bar{X}$ Fix. Dauer	.30	.30	.33	.34	.46	.47	.26	.26
5 $\bar{X}$ Vorspr.	9.67	10.47	12.74	13.19	13.83	15.64	7.71	8.28
6 $\bar{X}$ Fix. Dauer	.31	.31	.33	.35	.50	.51	.27	.27
8 $\bar{X}$ Rückspr.	3.69	2.59	4.84	5.68	4.77	6.58	2.32	3.14
9 $\bar{X}$ Fix. Dauer	.28	.26	.31	.30	.38	.39	.24	.22

Tab. 11: Mittelwerte der Augenbewegungsparameter, getrennt nach Schwierigkeit der Texte bzw. lautem und leisem Lesen

Die Abbildungen 22, 23 und 24 stellen die Mittelwerte der Augenbewegungsparameter bei lautem und leisem Lesen in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge der Texte einander gegenüber.

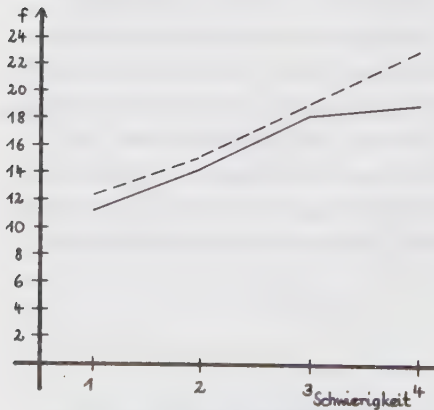


Abb. 22: Fixationsanzahl bei leisem (—) und lautem (---) Lesen in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge der Texte

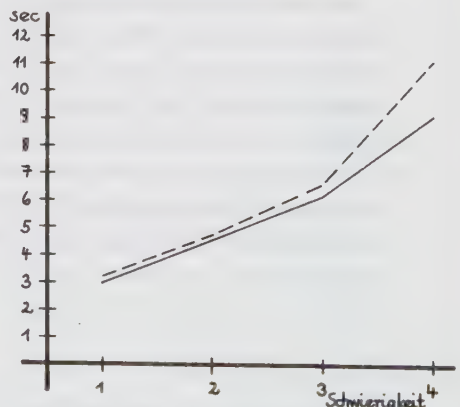


Abb. 23: Fixationszeit (sec) bei leisem (—) und lautem (---) Lesen in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge der Texte

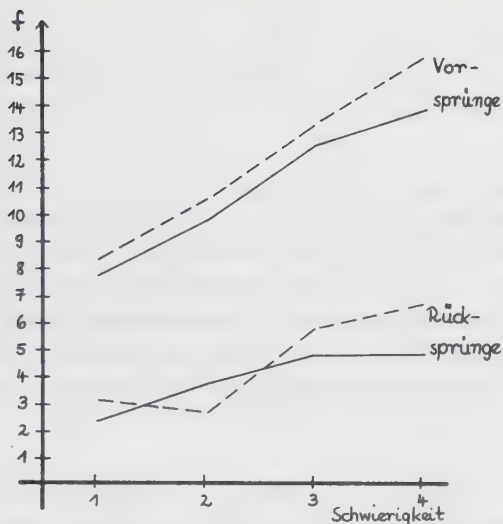


Abb. 24: Anzahl der Vorsprünge (die oberen beiden Kurven) bei leisem (—) und lautem (---) Lesen in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge der Texte

Da das laute Lesen immer ein zweites Lesen desselben Textes bedeutet, kann wohl davon ausgegangen werden, daß die Mittelwertsunterschiede der Augenbewegungsparameter in Wirklichkeit noch deutlicher sein dürften, als sie sich in Tabelle 11 bzw. in den Abbildungen 22 - 24 darstellen.

In die Signifikanzbetrachtung (Tab. 12) wurden auf Grund der im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Ergebnisse nur die dreibuchstabigen Texte einbezogen.

Parameter pro Zeile	$\bar{X}$ leise	$\bar{X}$ laut	χ^2_r	P
1 $\bar{X}$ Fix.Anz.	17.14	19.18	8.33	1 %
2 $\bar{X}$ Fix.Zeit	6.57	7.45	5.33	2,5 %
3 $\bar{X}$ Fix. Dauer	.36	.37	.33	n.s.
5 $\bar{X}$ Vorsprünge	12.08	13.1	5.33	2,5 %
6 $\bar{X}$ Fix.Dauer	.38	.39	.75	n.s.
8 $\bar{X}$ Rücksprünge	4.43	4.95	5.33	2,5 %
9 $\bar{X}$ Fix.Dauer	.32	.33	.33	n.s.

Tab. 12: Signifikanzbetrachtung der Mittelwertsunterschiede bei leisem und lautem Lesen der dreibuchstabigen Texte

7.3.1 Diskussion

Die hier gefundenen Ergebnisse decken sich teilweise mit den von HÖNIGSWALD, 1939 (S.15-17 dieser Arbeit) berichteten Beobachtungen bei erwachsenen Vpn. Lautes Lesen unterscheidet sich von leisem durch eine größere Anzahl von Fixationen, durch eine größere Gesamtfixationszeit (Lesezeit) sowie durch mehr Vor- und Rücksprünge. Letzteres steht im Widerspruch zu dem von HÖNIGSWALD berichteten Ergebnis.

Die Fixationsdauer insgesamt sowie getrennt nach Vor- und Rücksprüngen unterscheidet sich bei leisem und lautem Lesen nicht. Hier wirkt sich jedoch der Versuchsplan insofern nachteilig aus, als das Vorgelesene ja schon bekannt ist. Interpretiert man dann die Fixationsdauer als Parameter der Informationsentnahme, so ist die Invarianz der Fixationszeit folgerichtig.

Da inzwischen die für einen Vergleich mit der Arbeit BUSWELLS, 1922 (vergl. oben S.20) relevanten Daten dieser Arbeit dargestellt sind, soll nochmals auf den Unterschied zwischen beiden Ergebnissen eingegangen werden. Betrachtet man den leichtesten Fall der vorliegenden Untersuchung, nämlich das leise Lesen des Märchentextes, so ergibt sich ein Verhältnis der Gesamtfixationsanzahl zu den Rücksprüngen von $11,01 : 2,32 = 4,75$. Bei BUSWELL kommt dem das Ergebnis der zweiten Jahrgangsstufe ($10,7 : 2,3 = 4,65$) am nächsten. Die Einschränkungen, denen dieser Vergleich unterworfen ist, wurden bereits geltend gemacht. Trotzdem fordert die große Diskrepanz zwischen beiden Ergebnissen wenigstens einige Hypothesen. Läßt man methodische und situative Bedingungen außer acht, die einen so deutlichen Unterschied kaum bewirken dürften, so erfährt die bereits in der Diskussion der Literatur formulierte Hypothese von den Unterschieden bei den Augenbewegungsparametern infolge der voneinander abweichenden grammatikalischen Struktur beider

Sprachen eine Stützung. Ferner muß, wie bereits gesagt, damit gerechnet werden, daß bei den amerikanischen Kindern in den Zwanziger Jahren mehr Gewicht auf dem Erwerb der Lesefertigkeit gelegen hat, als dies im gegenwärtigen deutschen Schulsystem der Fall ist.

Es muß jedoch vermutet werden, daß ein ganzes Bündel von Ursachen für die Unterschiede verantwortlich ist, so daß eine gezielte Untersuchung notwendig ist, um in diesen Problemkreis Klarheit zu bringen. Im Rahmen dessen, was ein Erkundungsexperiment leisten kann, läßt sich die Hypothese formulieren, daß die Augenbewegungsparameter auf das Lesen der beiden Sprachen unterschiedlich reagieren.

7.4 Gute und schlechte Leser

Die beiden Frequenzpolygone in Abbildung 25 stellen die Verteilung der Fixationsanzahl pro Zeile von guten und schlechten Lesern dar (insgesamt 864 Zeilen).

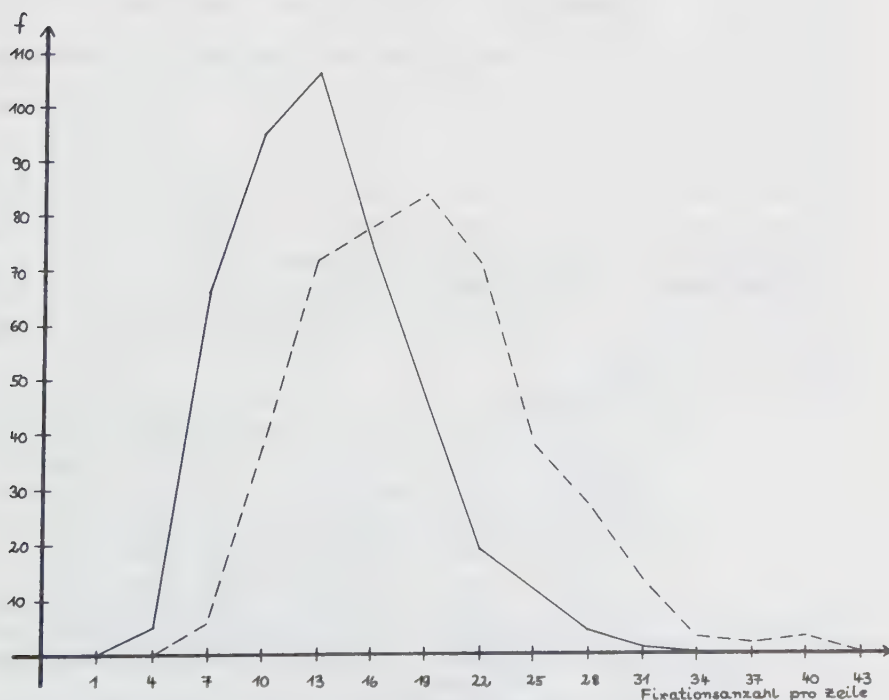


Abb. 25: Gegenüberstellung der Häufigkeitsverteilung der Fixationsanzahl pro Zeile bei guten (—) und schlechten (---) Lesern

In Tabelle 13 werden die verschiedenen Augenbewegungsparameter von guten und schlechten Lesern einander gegenübergestellt.

Die beiden Gruppen unterscheiden sich bei allen Parametern so deutlich, daß sich eine Signifikanzprüfung erübrigt. (Für die mittlere Fixationsanzahl pro Zeile über alle Texte ergibt sich mit dem asymptotischen U-Test von MANN-WHITNEY (Lienert 1973, S. 217) $z = 6.245$, derselbe Wert ergibt sich auch für die Summe der dreibuchstabigen Texte.)

Das Verhalten von guten Lesern läßt sich gegenüber schlechten Lesern folgendermaßen charakterisieren: Gute Leser benötigen beim leisen wie auch beim lauten Lesen einer Zeile weniger Fixationen, lesen schneller, fixieren einen Fixationsort kürzer und machen weniger Rücksprünge.

Gute Leser Parameter	2		3		4		1	
	3 Buchst. sinnv. Text		3 Buchst. Zufallsfolge		3 Buchst. sinnl. Silb.		Märchentext	
	a leise	b laut	c leise	d laut	e leise	f laut	leise	laut
1 $\bar{X}$ Fix. Anzahl pro Zeile	10.98	12.28	16.26	16.73	17.25	19.78	8.03	10.14
2 $\bar{X}$ Fix. Zeit pro Zeile	2.54	2.95	4.22	4.71	6.52	7.44	1.67	2.30
3 $\bar{X}$ Fix. Dauer	.23	.24	.26	.29	.38	.38	.21	.23
5 $\bar{X}$ Vorsprünge	6.91	8.56	11.31	11.58	12.40	13.47	5.67	6.90
6 $\bar{X}$ Fix. Dauer	.24	.26	.27	.30	.40	.41	.22	.25
8 $\bar{X}$ Rücksprünge	2.54	2.98	4.16	5.10	3.61	5.31	1.32	2.34
9 $\bar{X}$ Fix. Dauer	.21	.20	.23	.25	.34	.31	.17	.18
Schlechte Leser Parameter								
1	17.33	18.26	20.36	21.71	20.66	26.33	13.98	14.33
2	6.52	6.32	7.89	8.48	11.70	14.75	4.28	3.98
3	.36	.35	.39	.39	.54	.56	.31	.28
5	12.43	12.37	14.17	14.80	15.25	17.80	9.74	9.65
6	.37	.35	.39	.40	.59	.60	.31	.29
8	4.83	5.19	5.51	6.25	5.93	7.84	3.32	3.93
9	.34	.32	.38	.35	.42	.46	.30	.26

Tab. 13: Augenbewegungsparameter von guten und schlechten Lesern (pro Zeile)

Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen werden in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge, getrennt nach leisem und lautem Lesen, in den Abbildungen 26, 27 und 28 dargestellt.

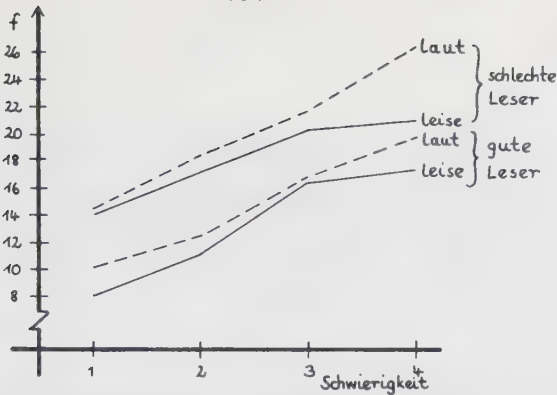


Abb. 26: Mittlere Fixationsanzahl bei guten und schlechten Lesern in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge der Texte

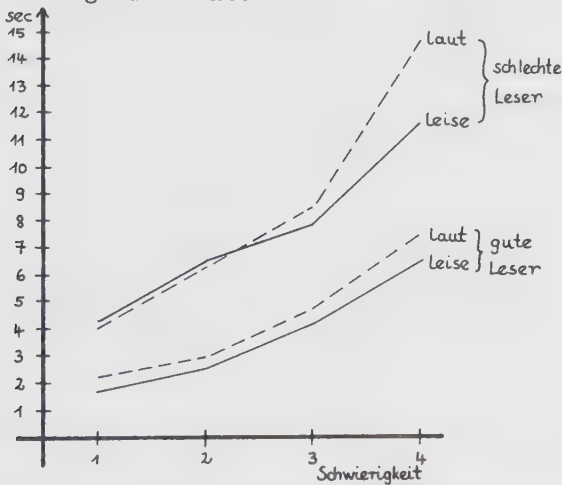


Abb. 27: Mittlere Fixationszeit (Lesezeit) bei guten und schlechten Lesern in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge der Texte

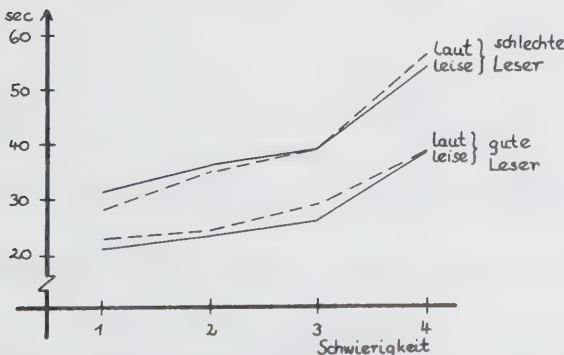


Abb. 28: Mittlere Fixationsdauer bei guten und schlechten Lesern in Abhängigkeit von der Schwierigkeitsrangfolge der Texte

Da die geringere Zahl von Rücksprüngen bei den guten Lesern an der absolut geringeren Zahl der Sakkaden liegen könnte, wird das Verhältnis von Vor- zu Rücksprüngen in Tabelle 14 dargestellt und einer Signifikanzprüfung mit dem asymptotischen u-Test unterzogen (Tab. 15).

	2		3		4		1	
Gute Leser	3 Buchst. sinnv. Text leise laut		3 Buchst. Zufallsfolge leise laut		3 Buchst. sinnl. Silb. leise laut		Märchen- text leise laut	
Vp 8	3,78	2,66	5,06	2,78	4,95	3,17	5,99	4,63
Vp 12	5,57	4,52	3,81	3,23	6,92	3,59	7,11	4,77
Vp 9	2,21	4,59	2,58	3,63	4,46	3,81	4,01	4,06
Vp 11	3,12	3,04	2,04	2,43	2,15	1,75	3,87	2,39
Vp 13	2,03	1,86	2,09	2,75	3,03	2,49	2,53	2,09
Vp 14	2,95	2,42	3,10	1,95	2,90	2,02	4,65	2,39
$\bar{x}$	3,28	3,18	3,12	2,80	4,07	2,81	4,69	3,39
Schlechte Leser								
Vp 16	2,89	2,22	3,65	2,95	3,14	2,61	3,04	1,92
Vp 25	2,47	2,73	2,41	3,28	2,57	2,32	2,50	1,95
Vp 23	2,63	3,92	2,56	2,36	1,95	2,25	2,91	5,79
Vp 18	2,61	1,83	2,20	2,54	2,60	2,40	3,08	2,81
Vp 28	3,38	3,39	2,57	2,07	2,93	2,09	4,86	4,35
Vp 26	2,00	1,86	2,51	1,82	2,86	2,08	2,37	1,69
$\bar{x}$	2,66	2,66	2,65	2,50	2,68	2,29	3,13	3,09

Tab. 14: Verhältnis von Vor- zu Rücksprüngen bei guten und schlechten Lesern

Für die Signifikanzbetrachtung ergibt sich aus LIENERT (1973, S. 217):

$$z = \frac{|U - \mu_u| - \frac{1}{2}}{\sigma_u}$$

		$\bar{X}$ Gute Leser	$\bar{X}$ Schlechte Leser	z
3 Buchstaben sinnvoll	leise	3.28	2.66	4.323
	laut	3.18	2.66	4.243
3 Buchstaben Zufall	leise	3.12	2.65	4.003
	laut	2.80	2.50	4.163
3 Buchstaben sinnlos	leise	4.07	2.68	4.964
	laut	2.81	2.29	4.163
Märchen- text	leise	4.69	3.13	5.124
	laut	3.39	3.09	4.163

Tab. 15: Signifikanzbetrachtung der Mittelwertsunterschiede im Verhältnis Vor- zu Rücksprüngen bei guten und schlechten Lesern

Der z-Wert, der bei einseitiger Prüfung für $\alpha = 0,01$ überschritten werden muß, ist $z = 2,326$, d.h. alle in der Tabelle 15 berichteten Unterschiede sind signifikant. Bei guten Lesern ist, auch bezogen auf die Anzahl der Vorsprünge, die Zahl der Rücksprünge über alle Schwierigkeitsgrade sowie lautes und leises Lesen hinweg, wesentlich geringer.

7.4.1 Konsistenzbetrachtung bei guten und schlechten Lesern

Die bisher herausgearbeiteten deutlichen Unterschiede sowohl hinsichtlich der gemessenen Augenbewegungsparameter als auch hinsichtlich der in den Versuch eingeführten Variablen Schwierigkeit, leises/lautes Lesen, gute/schlechte Leser, legen die Frage nach der individuellen Konsistenz des Verhaltens der einzelnen Vpn nahe, und zwar über die verschiedenen Augenbewegungsparameter und Variablen des Versuchs hinweg.

Hierzu wurden zwischen allen Variablen des Versuchs (den Märchentext ausgenommen) Rangkorrelationen der Form

$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{N(N^2 - 1)}$ berechnet. Die Koeffizienten werden in Tabelle 16 dargestellt. Die Signifikanzbetrachtung

Texte aus Tab. 13 →		a/c b/d	a/c b/d	a/e b/f	a/e b/f	a/e b/f	c/e d/f	c/e d/f	Gesamt	Gesamt
		gute Leser	schlechte Leser	gute Leser	schlechte Leser	gute Leser	schlechte Leser	gute Leser	schlechte Leser	
X Fixationsanzahl	leise	.600	.200	.143	.371	.600	.600	.448	.390	
	laut	.600	.314	.486	.371	.943**	.143	.676	.276	
X Fixationszeit	leise	.771*	.829*	.257	.886*	.600	.829*	.542	.847	
	laut	.714	.829*	1.000**	.943**	.914	.943**	.809	.905	
X Fixationsdauer	leise	.886*	.714	.857*	.586	.971**	.700	.905	.667	
	laut	.557	.543	.500	.660	.814*	.943**	.624	.695	
X Anzahl Vorsprünge	leise	.771*	.843*	.086	.586	.543	.657	.467	.695	
	laut	.600	.486	.100	.486	.700	.029	.400	.314	
X Fixationsdauer nach Vorsprüngen	leise	.900*	.671	.900*	.671	1.000**	.928*	.930	.760	
	laut	.528	.042	.471	.157	.800	.900*	.600	.338	
X Anzahl Rücksprünge	leise	.514	.714	.728	.714	.500	.600	.581	.695	
	laut	.700	.143	.614	.257	.943**	.543	.752	.314	
X Fixationsdauer nach Rücksprüngen	leise	.357	.900*	.057	.386	.486	.371	.300	.552	
	laut	.486	.986**	.043	.471	.643	.600	.391	.686	
Verhältnis Vor- zu Rücksprüngen	leise	.600	.600	.486	.429	.771*	.600	.619	.543	
	laut	.714	.029	.600	.143	.943**	.657	.752	.162	
		.644	.543	.445	.489	.748	.624			

Tab. 16: Korrelationskoeffizienten der Augenbewegungsparameter und der Variablen Texte, leises/lautes Lesen, gute/schlechte Leser. **: $p \leq 1\%$ *; $p \leq 5\%$

wurde nach den exakten Tafeln für SPEARMANs rho (FERGUSON 1959) durchgeführt. Da die Korrelationen zwischen den Texttripeln a, c und e bzw. b, d und f voneinander abhängig sind, sind die angegebenen Signifikanzen nur heuristisch zu interpretieren. Für eine inferenzstatistische Bewertung müßte ein Niveau von $\alpha/3$ eingeführt werden. Bei der Mittelung der Korrelationen wurde auf die an sich indizierte z'-Korrektur verzichtet. Tatsächlich hätte sie bei der gegebenen numerischen Größe der Korrelationen lediglich zu einer weiteren Erhöhung der mittleren Korrelation geführt, so daß hier konservativ vorgegangen wurde.

Die Korrelationstafel zeigt, daß einige der Augenbewegungsparameter hinsichtlich der individuellen Konsistenz deutlich zurücktreten. Besonders auffällig ist die Inkonsistenz des Parameters Fixationsanzahl und der damit zusammenhängenden Zahl der Vor- und Rücksprünge. Demgegenüber sind die Parameter Fixationszeit und Fixationsdauer sehr konsistent.

Gute und schlechte Leser unterscheiden sich hinsichtlich der Konsistenz: Bei guten Lesern ist die Fixationsdauer, bei schlechten Lesern die Fixationszeit der konsistentere Parameter.

Maximale Konsistenz des Leseverhaltens findet sich beim leisen Lesen guter Leser.

Bezieht man in die Betrachtung die Ergebnisse aus dem Abschnitt Textschwierigkeit (7.2) mit ein, so läßt sich eine Rangordnung der Schwierigkeitshomogenität der korrelierten Texte bilden: Die Homogenität der Schwierigkeit ist am geringsten bei der Korrelation des sinnvollen Textes mit den sinnlosen Silben (a/e, b/f), am größten ist sie bei der Korrelation der Zufallsfolge sinnvoller Wörter mit den sinnlosen Silben (c/e, d/f). Entsprechend ergibt sich eine Rangfolge der Schwierigkeitshomogenität (in Abb. 29 auf der Abszisse abgetragen 1 = max. Homogenität), deren Beziehung zur Höhe der Korrelation in Abbildung 29 dargestellt ist.

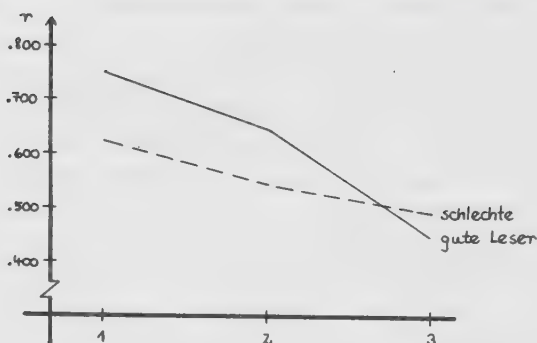


Abb. 29: Beziehung zwischen der Höhe der Korrelation und der Schwierigkeits-homogenität (Abszisse) der korrelierten Texte. 1 = max. Homogenität.

Aus Abbildung 29 ist zu entnehmen, daß mit zunehmender Inhomogenität der Schwierigkeit der beiden korrelierten Texte die mittlere Korrelation über alle Augenbewegungsparameter geringer wird. Mit andern Worten heißt dies, daß die Reliabilität der Augenbewegungsparameter für homogene Schwierigkeit der Texte größer ist, bzw. daß die Augenbewegungsparameter auf Textschwierigkeit reagieren.

7.4.2 Verlaufsanalyse des Lesens bei guten und schlechten Lesern

Der bisherige Gang der Auswertung hat gezeigt, daß die Augenbewegungsparameter deutlich zwischen den Variablen und zwischen den Gruppen differenzieren. Besonders deutlich differenziert die Fixationszeit und damit indirekt auch die Fixationsanzahl sowie die Fixationsdauer.

Angesichts dessen liegt die Frage nahe, was mit den Parametern geschieht, wenn von den Mittelwertsunterschieden abgesehen und nur noch der Verlauf des Lesens betrachtet wird. Anders ausgedrückt: Wann und wo wird die Fixationszeit verbraucht, die zum Lesen einer Zeile benötigt wird?

Ähnliche Fragen stellen sich im Lernexperiment, wenn der Lernverlauf unabhängig von der Zahl der Durchgänge betrachtet

werden soll. FOPPA (1965, S. 387-397) gibt im Anhang zu seinem Buch eine Übersicht über die für eine solche Analyse des Lernverlaufs in Frage kommende Vincent-Transformation und ihre Variationen.

Im vorliegenden Fall des Leseversuchs könnte als Äquivalent für die Zahl der Durchgänge die Zahl der Fixationen und als Äquivalent der Lernzeit die Fixationsdauer angesehen werden.

Entsprechend wird die Zahl der Fixationen jeder einzelnen Zeile in Prozent umgerechnet, d.h. die Fixationsanzahl und indirekt auch die Lesezeit werden normiert. Tabelle 17 gibt einen Überblick über die Vincent-transformierten Daten. Sie wurden pro Vp gemittelt, d.h. jede Zeile der Tabelle repräsentiert den Verlauf von 72 gelesenen Zeilen (insgesamt 864).

Gute Leser	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vp 8	.37	.35	.29	.28	.27	.27	.26	.27	.29	.28	.31
Vp 12	.47	.36	.34	.32	.33	.31	.30	.33	.31	.32	.24
Vp 9	.48	.38	.31	.33	.30	.28	.32	.34	.31	.33	.26
Vp 11	.45	.31	.27	.25	.26	.23	.23	.20	.26	.27	.25
Vp 13	.28	.34	.27	.25	.22	.22	.22	.19	.22	.24	.28
Vp 14	.49	.30	.22	.25	.25	.24	.24	.21	.23	.24	.22
$\bar{x}$	.42	.34	.28	.28	.27	.26	.26	.26	.27	.28	.26
s	.082	.030	.041	.037	.039	.035	.040	.067	.039	.038	.032
Schlechte Leser											
Vp 16	.43	.28	.28	.31	.29	.29	.28	.30	.29	.32	.29
Vp 25	.35	.45	.41	.41	.46	.48	.41	.46	.40	.50	.48
Vp 23	.41	.32	.34	.36	.33	.31	.31	.35	.35	.37	.37
Vp 18	.23	.37	.40	.46	.45	.39	.42	.43	.52	.49	.53
Vp 28	.44	.50	.41	.47	.50	.43	.42	.48	.42	.40	.38
Vp 26	.53	.49	.38	.42	.42	.49	.49	.48	.43	.38	.55
$\bar{x}$	.40	.40	.37	.40	.41	.40	.39	.42	.40	.41	.43
s	.10	.092	.051	.061	.081	.084	.078	.075	.078	.071	.10

Tab. 17: Vincent-Transformation der Fixationsanzahl in elf Klassen

Ganz offensichtlich unterscheidet sich der Verlauf des Lesens bei beiden Gruppen gravierend. Abbildung 30 veranschaulicht den Unterschied: Gute Leser fixieren zu Beginn einer Zeile am längsten und dann im weiteren Verlauf der Zeile immer kürzer, wohingegen die Fixationsdauer im Verlauf des Lesens einer Zeile bei den schlechten Lesern um eine leicht ansteigende Gerade zu oszillieren scheint.

Das hier für die guten Leser gefundene Ergebnis ergänzt die von WOODWORTH (1938) mitgeteilte Beobachtung, daß ca. 30 % der Lesezeit auf das erste Viertel der Zeile entfallen.

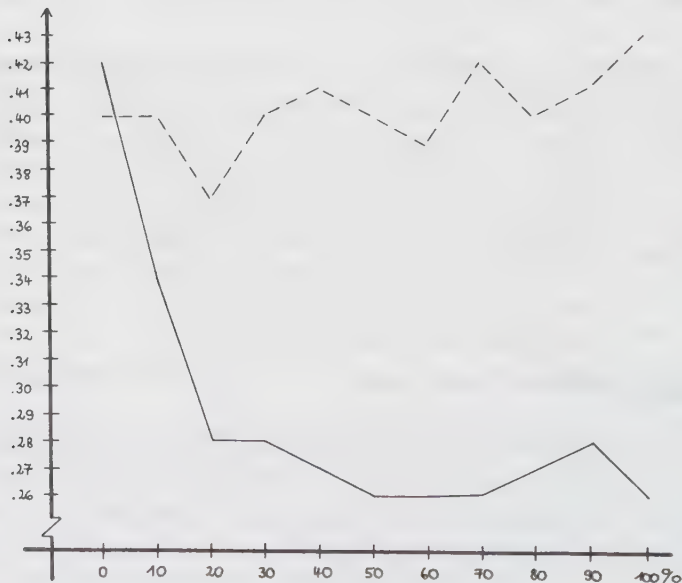


Abb. 30: Vincent-Transformation der Fixationsanzahl. Darstellung der Gruppenmittelergebnisse aus Tab. 16 ---- schlechte Leser
— gute Leser

Aus Abbildung 30 ergibt sich die nächste Frage sozusagen von selbst: Was geschieht, wenn nicht nur die Abszisse, sondern auch die Ordinate in Prozent umgerechnet wird, d.h. wenn auch

noch von dem Mittelwertsunterschied zwischen den beiden Gruppen in der Fixationsdauer abgesehen wird?

Für die Frage wird wiederum auf die einzelnen Zeilen zurückgegriffen und jede einzelne Fixationsdauer in Prozent der Gesamtfixationszeit für diese Zeile umgerechnet. Das Ergebnis dieser Normierung, die man als Doppelt-Vincent-Transformation bezeichnen könnte, wird in Tabelle 18 dargestellt.

Das Ergebnis der Prozentnormierung von Fixationsanzahl und -dauer wird in Abbildung 31 veranschaulicht.

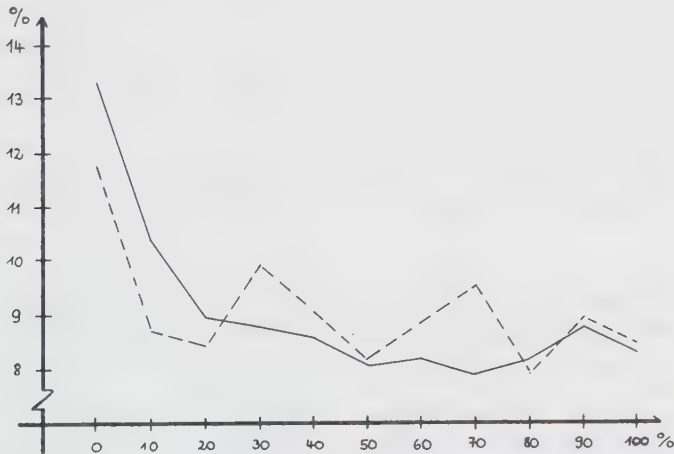


Abb. 31: Transformation der Fixationsanzahl und der Fixationsdauer in Prozent.
Darstellung der Gruppenmittelwerte aus Tab. 18 ---- schlechte Leser — gute Leser

Die Funktion der guten Leser hat sich, wie aus Abbildung 31 hervorgeht, gegenüber Abbildung 30 nicht verändert. Im Gegensatz dazu steht die Funktion der schlechten Leser, die nun ebenfalls einen Abfall zu Beginn zeigt, d.h. auch die schlechten Leser fixieren zunächst länger und im weiteren Verlauf der Zeile kürzer. Der große Prozentsatz der Zeit, der auf den Zeilenbeginn entfällt, ist um so bemerkenswerter, als gerade auf die erste Fixation häufig ein Korrektursprung erfolgt, weil

Gute Leser	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vp 8	11.55	10.90	9.00	8.51	8.25	8.20	8.10	8.28	9.03	8.69	9.49
Vp 12	12.87	9.99	9.30	8.81	9.19	8.44	8.23	9.08	8.57	8.85	6.68
Vp 9	13.22	10.59	8.43	9.14	8.27	7.60	8.72	9.25	8.63	8.96	7.18
Vp 11	15.15	10.36	9.02	8.28	8.62	7.71	7.80	6.82	8.75	8.96	8.52
Vp 13	10.21	12.52	9.99	9.23	8.14	8.18	7.91	6.99	7.88	8.78	10.17
Vp 14	16.93	10.34	7.82	8.58	8.62	8.30	8.27	7.43	7.83	8.28	7.60
$\bar{X}$	13.32	10.45	8.93	8.76	8.52	8.07	8.17	7.98	8.12	8.75	8.27
s	2.42	0.30	0.74	0.37	0.12	0.34	0.32	1.05	0.66	0.25	1.37

Schlechte
Leser

Vp 16	12.82	8.31	8.19	9.28	8.50	8.70	8.23	9.04	8.75	9.57	8.06
Vp 25	15.94	10.05	8.87	8.05	10.48	8.00	7.65	7.55	6.47	8.17	8.79
Vp 23	13.60	8.96	8.40	11.92	7.21	7.03	7.32	11.22	7.65	10.13	6.55
Vp 18	7.87	7.55	9.04	11.92	9.38	7.24	9.96	10.92	7.06	8.36	10.69
Vp 28	8.98	10.26	8.51	9.74	10.38	8.83	8.58	9.93	8.56	8.35	7.86
Vp 26	11.49	7.99	7.83	8.70	8.51	9.19	11.11	8.39	9.37	8.85	8.58
$\bar{X}$	11.78	8.74	8.46	9.94	9.08	8.17	8.81	9.51	7.98	8.91	8.42
s	2.99	1.24	0.43	1.64	1.26	0.89	1.45	1.44	1.10	0.79	1.36

Tab. 18: Transformation der Fixationsanzahl und der Fixationsdauer in Prozent.
Mittelwerte aus 72 gelesenen Zeilen.

beim vorangegangenen Zeilensprung nicht der Beginn der Zeile getroffen worden ist, diese Fixation fällt meist sehr kurz aus. Die Funktion der schlechten Leser hat sich der der guten Leser in gewisser Weise angenähert insofern, als sie nun insgesamt eine fallende Tendenz hat gegenüber der steigenden Tendenz in der Abbildung 30. Trotzdem unterscheidet sie sich noch charakteristisch. Leider gibt es zur Prüfung dieses Unterschiedes kein statistisches Verfahren. Deshalb soll im folgenden eine anschauliche Prüfung des Unterschieds zwischen den beiden Funktionen versucht werden.

Hierzu werden zunächst die elf Klassen, die notwendigerweise willkürlich gewählt worden sind, so reduziert, daß auf jede Klasse in allen Fällen mindestens eine Sakkade bzw. eine Fixationsdauer entfällt. Die geringste beobachtete Klassenzahl beträgt 5 (dieser Modus ist natürlich genauso willkürlich wie jeder andere, kann aber wohl eine gewisse Plausibilität für sich in Anspruch nehmen). Tabelle 19 zeigt die auf Zeilenbasis durch lineare Interpolation gewonnenen mittleren Prozentwerte für jede Vp.

	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
Vp 8	28,76	16,68	16,79	16,19	21,58
Vp 12	29,48	17,67	16,92	17,43	18,49
Vp 9	31,38	16,44	16,25	17,43	18,50
Vp 11	30,23	16,81	16,06	15,58	21,32
Vp 13	29,29	17,71	18,85	15,01	21,14
Vp 14	31,79	17,34	16,33	15,14	19,40
$\bar{x}$	30,16	17,11	16,53	16,13	20,07
s	1,21	0,54	0,36	1,09	1,44
Vp 16	23,52	18,67	18,29	18,59	20,94
Vp 25	23,10	18,34	18,02	18,18	22,36
Vp 23	23,59	18,72	16,70	19,61	21,38
Vp 18	19,21	18,57	18,05	20,22	23,94
Vp 28	25,28	19,04	18,66	17,64	19,38
Vp 26	22,17	17,83	18,91	19,14	21,94
$\bar{x}$	22,81	18,53	18,11	18,90	21,66
s	2,03	0,41	0,77	0,95	1,52

Tab. 19: Transformation der Fixationsanzahl und der Fixationsdauer in Prozent (Doppelt-Vincent-Transformation). Zusammenfassung auf 5 Klassen.

Abbildung 32 veranschaulicht die Ergebnisse aus Tabelle 19

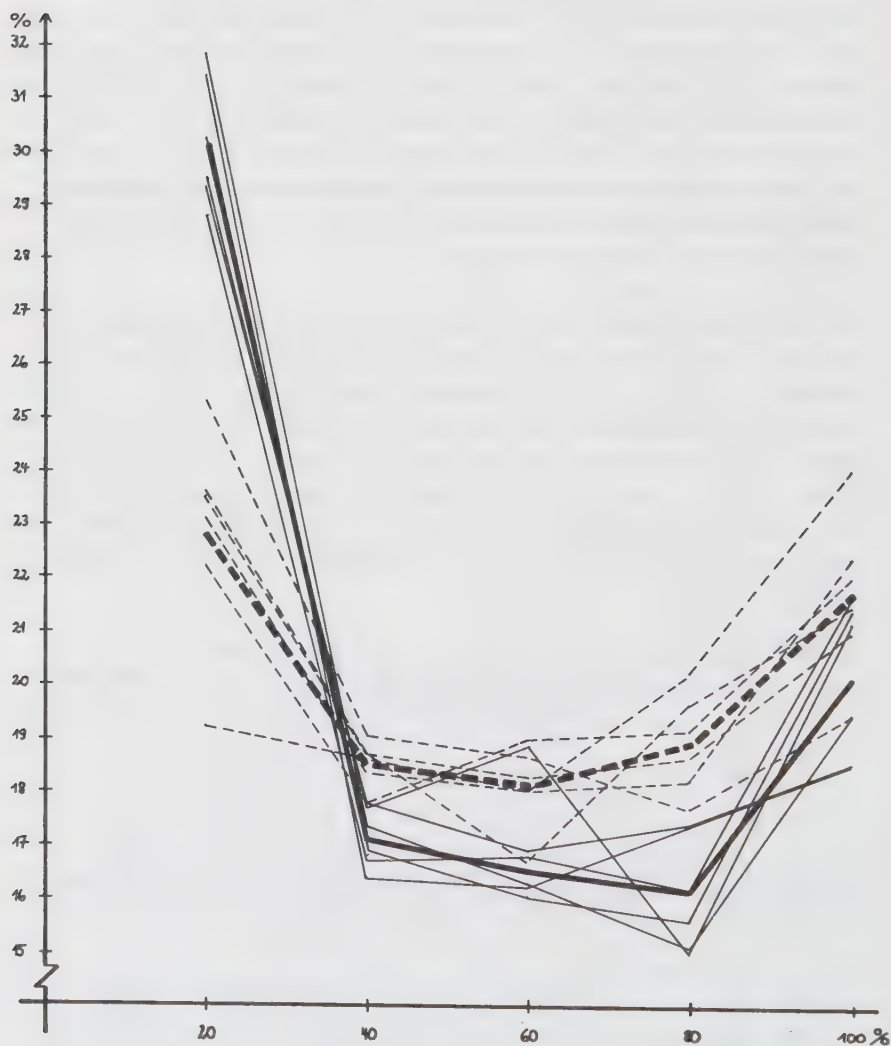


Abb. 32: Transformation der Fixationsanzahl und der Fixationsdauer in Prozent (Doppelt-Vincent-Transformation). Zusammenfassung in 5 Klassen. Die dünner ausgezogenen Funktionen stellen die einzelnen Vpn dar, die dick ausgezogenen Polygonzüge die Mittelwerte der guten (—) und der schlechten (---) Leser.

Abbildung 32 kann als Veranschaulichung des Unterschieds der beiden Funktionen angesehen werden. Die Funktion der schlechten Leser hat in allen Fällen einen deutlich flacheren Verlauf als die der guten Leser, die übrigens über alle Transformationen hinweg ihr charakteristisches Aussehen weitgehend erhält.

7.4.3 Diskussion

Neben den erwarteten Unterschieden zwischen guten und schlechten Lesern hinsichtlich der Fixationsanzahl und der verschiedenen Zeitparameter der Augenbewegung sind zwei Ergebnisse besonders hervorzuheben: die unterschiedliche individuelle Konsistenz und der unterschiedliche Verlauf des Lesens bei beiden Gruppen.

Gute Leser zeichnen sich vor allem dadurch aus, daß die Fixationsdauer in hohem Maß eine individuelle Konstante darstellt. Bemerkenswert ist dabei, daß dies in erster Linie für das leise Lesen gilt und nur die Gesamtfixationsdauer (Tab. 15, Zeile 3) und die Fixationsdauer nach Vorsprüngen (Zeile 5) betrifft, jedoch nicht die nach Rücksprüngen (Zeile 6, die für gute Leser keine einzige signifikante Korrelation aufweist). Letzteres muß wohl als ein weiteres Indiz dafür gewertet werden, daß mit dem Rücksprung bzw. der sich daran anschließenden Fixation ein qualitativ anderer Verarbeitungsprozeß einhergeht, etwa im Sinne der bereits formulierten Hypothese der Rückversicherung.

Wenn gute Leser nicht der emotionalen Belastung des Vorlesens ausgesetzt sind, zeigen sie ein in hohem Maß individuell konsistentes Leseverhalten. Damit deckt sich der bei der Markierung der Registrierstreifen entstandene Eindruck, daß die Leser an ihren Augenbewegungskurven zu erkennen sind. Schlechte Leser zeichnen sich vor allem durch die individuelle Konsistenz des Lesetempos aus, unabhängig davon, ob sie leise oder laut lesen (Tab. 16, Zeile 2). Ihr Leseverhalten

stellt sich insgesamt jedoch als inkonsistenter dar - anders ausgedrückt, als abhängiger von situativen Bedingungen.

Sieht man von den Mittelwertsunterschieden zwischen beiden Gruppen ab und betrachtet nur den Verlauf des Lesens, geht also der Frage nach, wie die für das Lesen benötigte Zeit über die Zeile verteilt wird (Abb. 30), so zeigen sich zwischen guten und schlechten Lesern deutliche Unterschiede.

Der Leseverlauf der guten Leser läßt sich folgendermaßen charakterisieren: Sie fixieren den Beginn einer Zeile lange, jeden weiteren Fixationsort in der Zeile kürzer, und bevor sie zur neuen Zeile wechseln, sichern sie das soeben Gelesene noch in einer etwas längeren Fixation. Die sich über die Zeile ständig reduzierende Fixationsdauer könnte folgendermaßen interpretiert werden: Der gute Leser verschafft sich mit den ersten Fixationen aus dem peripheren Sehen soviel Information über den weiteren Zeileninhalt, daß für folgende Fixationsorte eine kürzere Fixationsdauer ausreicht. Demgegenüber sind die schlechten Leser an jedem einzelnen Fixationsort so mit dem Lesen dessen, was sich an dieser Stelle befindet, beschäftigt, daß sie in sehr viel geringerem Umfang Informationen über den weiteren Zeilenverlauf aufnehmen können. Dies findet seinen Ausdruck in dem insgesamt flacheren Verlauf der Lesekurve der schlechten Leser (Abb. 32), d.h. in einer gleichmäßigeren Verteilung der Fixationszeit über die Zeile.

Die Analyse der Unterschiede zwischen guten und schlechten Lesern zeigt, daß die Augenbewegungsmessung differentialdiagnostische Gesichtspunkte liefert. Dem kommt im Hinblick auf die Legasthenie-Diskussion besondere Bedeutung zu, deren Darstellung jedoch einer anderen Arbeit vorbehalten bleibt.

Zusammenfassung

Die beiden in der psychologischen Leseforschung vor allem beschrittenen Wege der Wort- und Formerkennung bzw. der Augenbewegungsregistrierung wurden dargestellt. Mit der ersten Methode ist bisher vorwiegend in Deutschland, mit der zweiten vor allem in den USA gearbeitet worden.

Mit der Elektrookulographie wurde eine für die Leseforschung noch wenig genutzte Methode der Augenbewegungsregistrierung vorgestellt, die auf der Ableitung von Potentialdifferenzen aus der Umgebung des Auges basiert. Die hier dargestellte Erprobung an Kindern fehlte bisher gänzlich.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, erstens die Möglichkeiten der elektrookulographischen Messung bei Kindern grundsätzlich zu klären und zweitens zu erkunden, wie weit damit detaillierte Aufschlüsse über den Leseprozeß zu erhalten sind.

Es hat sich gezeigt, daß es nach der Entwicklung einer angemessenen Versuchsanordnung möglich ist, elektrookulographische Messungen an Kindern durchzuführen. Der Einsatz der Versuchsanordnung in einem Experiment hat die an sie geknüpften Erwartungen voll erfüllt, selbst unter den teilweise doch erschwerten Bedingungen, die die Versuchsdurchführung in einer Schule mit sich brachte. Als wesentliche Voraussetzung hierfür hat sich allerdings ein bis in alle Einzelheiten durchgestalteter Aufbau der Versuchssituation erwiesen, da Kinder offensichtlich von unerwarteten Randbedingungen eines Versuchs derart gestört werden können, daß physiologische Messungen undurchführbar werden bzw. so stark verfälscht werden, daß sie nicht mehr sinnvoll sind. Insbesondere ist die Herstellung einer emotional entspannten Atmosphäre für das Gelingen einer Messung unabdingbar.

Als grundsätzliche methodische Maßnahme, nicht nur für den Versuch mit Kindern, sondern auch für manche Versuche mit

Erwachsenen, wird die Einführung einer "Puffer-Vp" vorgeschlagen, deren Funktion darin besteht, den Vpn das Einfinden in die Versuchssituation zu erleichtern.

Der Versuch hat gezeigt, daß die elektrische Augenbewegungsmessung zwischen den Variablen "Textschwierigkeit", "lautes" und "leises" Lesen, "gute" und "schlechte" Leser differenziert. Folgende Parameter der Augenbewegungen beim Lesen können mit dem Elektrookulogramm hinreichend genau erfaßt werden: Lesezeit (ohne die auf die Augenbewegungen entfallende Zeit), Fixationsdauer und die Richtung der Sakkade. Die Zuordnung des Fixationspunktes zu einem Ort auf der Lesevorlage stellt sich zwar als prinzipiell möglich dar, es wurde aber in der vorliegenden Arbeit nicht im einzelnen untersucht, welche Genauigkeit dabei erreichbar ist. Die Klärung dieser Frage bleibt weiteren Versuchen vorbehalten.

Die Trennung der Fixationen in solche nach Vor- und solche nach Rücksprüngen erwies sich insofern als aufschlußreich, als hierbei eine signifikante Differenz der Fixationsdauer gefunden wurde. Dies kann als Hinweis verstanden werden, daß den Vorsprüngen beim Lesen eine andere Funktion zukommt als den Rücksprüngen.

Die Betrachtung des Zusammenhangs zwischen den Augenbewegungsparametern und der Variablen "Textschwierigkeit" erbrachte Belege für die Validität dieser Parameter für das Merkmal "Textschwierigkeit". Da der vorliegende Versuch jedoch nur sehr deutlich unterschiedene Schwierigkeitsgrade berücksichtigt, muß die Frage des Zusammenhangs zwischen den Augenbewegungsparametern und der Schwierigkeit in weiteren Experimenten, etwa mit direkt skaliertem Schwierigkeit, untersucht werden.

In der großen Diskrepanz zwischen den in der vorliegenden Arbeit gefundenen Ergebnissen und den von BUSWELL (1922) berichteten wird u.a. ein Beleg dafür gesehen, daß die unterschiedliche Struktur der deutschen und der englischen Sprache sich in den Augenbewegungsparametern abbildet; die Entscheidung hierüber muß jedoch einer Untersuchung vorbehalten bleiben,

in der die Lokalisationstreue der Registrierung genauer geklärt wird.

Die Analyse der Unterschiede der Augenbewegungsparameter bei guten und schlechten Lesern erbrachte differentialdiagnostische Gesichtspunkte, deren Bedeutung für die Legasthenieforschung noch geprüft werden muß. Die Konsistenz des Leseverhaltens ist bei guten und schlechten Lesern unterschiedlich: Bei guten Lesern erwies sich die Fixationsdauer als der Parameter mit der höchsten individuellen Konsistenz, bei schlechten Lesern hingegen ist dies die Gesamtfixationszeit (Lesezeit). Als weiterer differentialdiagnostisch bedeutsamer Unterschied ergab sich die Verteilung der Fixationszeiten über die Zeile: Gute Leser fixieren den Anfang einer Zeile länger, die weiteren Fixationen im Verlauf des Lesens einer Zeile werden dann zunehmend kürzer, etwa einer Exponentialfunktion vergleichbar. Am Schluß der Zeile sind nochmals längere Fixationen zu beobachten. Der Verlauf des Lesens einer Zeile bei schlechten Lesern ist davon charakteristisch verschieden: der exponentielle Abfall der Fixationsdauer wird dort von mehreren Maxima unterbrochen. Leider existiert bisher kein statistisches Verfahren, mit dessen Hilfe die zuletzt genannten Unterschiede im Verlauf des Lesens einer Zeile gesichert werden könnten, so daß sich auch hier weitere Untersuchungen anschließen müssen.

LITERATUR

- ALBERT, D. und G.M. MURCH: Eichung von sinnlosen Silben.
In: Z. f. exp. u. ang. Psychol. 15 (1968) 381-403.
- ALPERN, M.: Effector mechanisms in vision. In: KLING, J.W.
and L.A. RIGGS (Hrsg.): Woodworth & Schlosberg's
experimental psychology. 3rd ed. New York 1971, 369-394.
- ANDERSON, I.H.: Studies in eye-movements of good and poor
readers. In: Psychol. Monogr. 48 (1937) 1-35.
- ANDERSON, I.H. and D.E. SWANSON: Common factors in the eye-
movements in silent and oral reading. In: Psychol. Monogr.
48 (1937) 61-69.
- ANGER, H., R. BARGMANN und M. VOIGT: Verständiges Lesen.
VL 5-6. Reihe Deutsche Schultests. Hrsg.: Dt. Inst. Intern.
Päd. Forsch. Weinheim, Berlin 1971.
- AUBERT, H.: Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865.
- AULHORN, E.: Fixationsbreite und Fixationsfrequenz beim Lesen
gerichteter Konturen. In: Pflügers Arch. 257 (1958) 317-328.
- AULHORN, O.: Die Lesegeschwindigkeit als Funktion von Buch-
staben- und Zeilenlage. In: Pflügers Arch. 250 (1948) 12-25.
- BAXT, N.: Über die Zeit, welche nötig ist, damit ein Gesichts-
eindruck zum Bewußtsein kommt. In: Pflügers Arch. 4 (1871)
325-336.
- BECHER, E.: Experimentelle und kritische Beiträge zur Psycho-
logie des Lesens bei kurzen Expositionszeiten. In: Z. f.
Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane 36 (1904) 19-73.
- BELSER, H., H. ANGER und R. BARGMANN: Frankfurter Analogietest
für 4. bis 6. Klassen. FAT 4-6. Reihe Deutsche Schultests.
Hrsg.: Dt. Inst. Intern. Päd. Forsch. Weinheim, Berlin 1972.
- BÜHLER, K.: Sprachtheorie. Jena 1934.
- BÜNTING, K.-D.: Einführung in die Linguistik. 2.Aufl. Frank-
furt 1971.
- BURGSCHMIDT, E. und D. GÖTZ: Kontrastive Linguistik Deutsch-
Englisch. München 1974.
- BUSWELL, G.T.: Fundamental reading habits: A study of their
development. In: Suppl. Educ. Monogr. No.21 (1922).
- BUSWELL, G.T.: How adults read. In: Suppl. Educ. Monogr. No.45
(1937).

- CATTELL, J. McK.: Über die Zeit der Erkennung und Benennung von Schriftzeichen, Bildern und Farben. In: WUNDT, W. (Hrsg.): Philos. Studien. Bd.2 (1885) 635-650.
- CATTELL, J. McK.: Über die Trägheit der Netzhaut und des Sehcentrums. In: WUNDT, W. (Hrsg.): Philos. Studien. Bd.3 (1886a) 94-127.
- CATTELL, J. McK.: Psychometrische Untersuchungen (2.Abt.). In: WUNDT, W. (Hrsg.): Philos. Studien. Bd.3 (1886b) 452-492.
- CHERRY, C.: On human communication. New York 1956.
- DELABARRE, E.B.: A method of recording eye-movements. In: Americ. J. Psychol. 9 (1898) 572-574.
- DITCHBURN, R.W. and B.L. GINSBORG: Involuntary eye-movements during fixation. In: J. Physiol. 119 (1953) 1-17.
- DODGE, R. and T.S. CLINE: The angle velocity of eye-movements. In: Psychol. Rev. 8 (1901) 145-157.
- DONDERS, F.C.: Die Schnelligkeit psychischer Prozesse. In: REICHERT, C.B. und E. DUBOIS-REYMOND: Arch. Anatomie, Physiol. und wiss. Medicin 1868, 657-681.
- DUBOIS-REYMOND, E.: Untersuchungen über thierische Electricität. Bd.2, I., Berlin 1848, S. 256.
- EHLERS, H.: The movements of the eyes during reading. In: Acta Ophthalmologica 14(1936) 56-63.
- ERDMANN, B. und R. DODGE: Psychologische Untersuchungen über das Lesen auf experimenteller Grundlage. Halle 1898.
- EXNER, S.: Über die zu einer Gesichtswahrnehmung nötige Zeit. In: Sitzungsbericht der Wiener Akademie der Wissenschaften, 58, II (1868) 601-632.
- FAIRBANKS, G.: The relation between eye-movements and voice in oral reading of good and poor silent readers. In: Psychol. Monogr. 48 (1937) 78-107.
- FERGUSON, G.A.: Statistical analyses in psychology and education. New York 1959.
- FOPPA, K.: Lernen, Gedächtnis, Verhalten. Köln, Berlin 1965.
- FRANCOIS, J., G. VERRIEST and A. De ROUCK: Modification of the amplitude of the human electro-oculogram by light and dark adaptation. In: Brit. J. Ophthalm. 39 (1955) 398-408.
- GIBSON, J.J.: Die Sinne und der Prozeß der Wahrnehmung. Bern, Stuttgart 1973a (Orig. Boston 1966).

- GIBSON, J.J.: Die Wahrnehmung der visuellen Welt. Weinheim, Basel 1973b (Orig. Boston 1950).
- GÖBELBECKER, L.F.: Entwicklungsgeschichte des ersten Leseunterrichts von 1477 bis 1932. Kempten 1933.
- GOLDSCHIEDER, A. und R.F. MÜLLER: Zur Physiologie und Pathologie des Lesens. In: Z. f. Klin. Med. 23 (1893) 131-167.
- GRASHEY, H.: Über Aphasie und ihre Beziehung zur Wahrnehmung. In: Arch. f. Psychiat. 16 (1885) 654-688.
- GRONER, R., F. KAUFMANN, W.F. BISCHOF und H. HIRSBRUNNER: Das Berner System zur Analyse von Blickrichtung und Pupillengröße. In: Forschungsber. Psychol. Inst. Uni. Bern 1974.
- GRÜTTNER, R.: Experimentelle Untersuchungen über den opto-kinetischen Nystagmus. In: Z. f. Sinnesphysiol. 68 (1939) 1-48.
- GUTJAHN, G.: Die verschiedenen Methoden der Blickregistrierung. In: Die Anzeige 40 (1964) 18-22.
- HEIMANN, A. und H. THORNER: Experimentelle Untersuchung zur Psychologie des Lesens. Das Lesen von sinnvollem Material. In: Arch. f. d. ges. Psychol. 71 (1929) 165-184.
- HELMERS, H.: Didaktik der deutschen Sprache. 3.Aufl. Stuttgart 1969.
- HELMHOLTZ, H.: Über die Zeit, welche nötig ist, damit ein Gesichtseindruck zum Bewußtsein kommt. In: Sitzungsbericht der Berliner Akademie der Wissenschaften 1872.
- HELMHOLTZ, H.: Handbuch der Physiologischen Optik. 2., umgearb.Aufl. Hamburg, Leipzig 1896.
- HÖNIGSWALD, R.: Beiträge zur Psychologie des Lesens. In: Acta Psychologica 4 (1939) 62-82.
- HÖRMANN, H.: Psychologie der Sprache. Berlin, New York 1970.
- HOFFMANN, J.: Über Entwicklung und Stand der Lesepsychologie. In: Arch. f. d. ges. Psychol. 57 (1926) 401-444.
- HOFFMANN, J.: Experimentell-psychologische Untersuchungen über Leseleistungen von Schulkindern. In: Arch. f. d. ges. Psychol. 58 (1927) 325-388.
- HOLMGREN, F.: Über die Retinaströme. Untersuchg. aus dem Physiol. Inst. d. Uni. Heidelberg 3 (1880) 278-326.
- HUEY, E.B.: Preliminary experiments in the physiology and psychology of reading. In: Americ. J. Psychol. 9 (1898) 575-586.

- HUEY, E.B.: On the psychology and physiology of reading. In: *Americ. J. Psychol.* 11 (1899) 283-302 and *Americ. J. Psychol.* 12 (1901) 292-312.
- HUEY, E.B.: The psychology and pedagogy of reading. New York 1908. (Unveränd. Neudruck, MIT Press 1968).
- JAVAL, E.: Essai sur la physiologie de la lecture. *Annales d'Oculistique*. Bd.79 (1878) 97-117, 240-274; Bd.80 (1878) 135-147.
- JAVAL, E.: Die Physiologie des Lesens und Schreibens. (A. d. Franz. v. F. Haass) Leipzig 1907.
- JUDD, C.H.: Movement and consciousness. In: *Psychol. Monogr.* No.29 (1905).
- JUDD, C.H.: Photographic records of convergence and divergence. In: *Psychol. Monogr.* No.34 (1907).
- JUDD, C.H. and G.T. BUSWELL: Silent reading: a study of various types. In: *Suppl. Educ. Monogr.* No.23 (1922).
- JUNG, R. und R. MITTERMAIER: Zur objektiven Registrierung und Analyse verschiedener Nystagmusformen: Vestibulärer optokinetischer und spontaner Nystagmus in ihrer Wechselbeziehung. In: *Arch. Ohr-, Nase- und Hals-Heilkde.* 146 (1939) 410-439.
- JUNG, R. und J.F. TÖNNIES: Die Registrierung und Auswertung des Drehnystagmus beim Menschen. In: *Klin. Wochenschr.* 26 (1948) 513-521.
- KAINZ, F.: Psychologie der Sprache. Bd.4: Spezielle Sprachpsychologie. Stuttgart 1956.
- KEHR, C.: Geschichte des Leseunterrichts. In: KEHR, C.: Geschichte der Methodik des deutschen Volksschulunterrichts. Bd.1, 2.Aufl., Gotha 1889.
- KOHLRAUSCH, A.: Die elektrischen Vorgänge im Sehorgan. In: SCHIECK, F. und A. BRÜCKNER (Hrsg.): Kurzes Handbuch der Ophthalmologie. Bd.2. Berlin 1932, 118-171.
- KOLDER, H.: Spontane und experimentelle Änderung des Bestandpotentials des menschlichen Auges. In: *Pflügers Arch.* 268 (1959) 258-272.
- KOLDER, H. und R. SCARPATETTI: Registrierung von Änderungen des Bestandpotentials des menschlichen Auges. In: *Pflügers Arch.* 267 (1958) 295-298.
- KÜHNE, W. und J. STEINER: Über das electromotorische Verhalten der Netzhaut. *Unters. a. d. Physiol. Inst. d. Uni. Heidelberg* 3 (1880) 327-377.

- KUTZNER, O.: Kritische und experimentelle Beiträge zur Psychologie des Lesens mit besonderer Berücksichtigung des Problems der Gestaltqualität. In: Arch. f. d. ges. Psychol. 35 (1916) 157-251.
- LAMARE, M.: Des mouvement des yeux pendant la lecture. Comptes rendus de la société française d'ophtalmologie 1893.
- LANDOLT, E.: Nouvelles recherches sur la physiologie des mouvements des yeux. Archives d'Ophthalmologie 11 (1891) 385-396. (Übers. als Beitrag zur Physiologie der Augenbewegungen.) Heidelberger Helmholtz Festschrift 1891, 65-68.
- LIENERT, G.A.: Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. Meisenheim 1973.
- LÖWENFELD, L.: Über zwei Fälle von amnestischer Aphasie nebst Bemerkungen über die centralen Vorgänge beim Lesen und Schreiben. In: Dt. Z. f. Nervenheilkde. Bd.2, 1892.
- MACKENSEN, G.: Zur Technik der Elektronystagmographie. In: Klin. Monatsbl. d. Augenheilkde. 121 (1952) 599-602.
- MACKENSEN, G.: Die Geschwindigkeit horizontaler Blickbewegungen. In: Graefes Arch. Ophthalm. 160 (1958) 47-64.
- MACKENSEN, G.: Die Untersuchung der Lesefähigkeit als klinische Funktionsprüfung. In: Fortschr. d. Augenheilkde. 12 (1962) 344-379.
- MACKENSEN, G.: Die Lesegeschwindigkeit. Grundlagen für eine klinische Funktionsprüfung. In: Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde. 144 (1964) 903-905.
- MACKENSEN, G.: Okulographie. In: THIEL, R. (Hrsg.): Bücherei des Augenarztes. Bd.46: Augenmuskellähmungen. (1966) 117-126.
- MACKENSEN, G. und S. HARDER: Untersuchungen zur elektrischen Aufzeichnung von Augenbewegungen. In: Graefes Arch. Ophthalm. 155 (1954) 397-412.
- MACKENSEN, G. und H. STICHLER: Untersuchungen der Lesegeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Bildungsgrad. In: Graefes Arch. Ophthalm. 166 (1963) 81-86.
- MACKENSEN, G. und O. WIEGMANN: Lesebewegungen. In: Ber. d. dt. Ophthalm. Ges. 62 (1959) 121-126.
- MARG, E.: Development of electro-oculography. In: Arch. Ophthalm. 45 (1951) 169-185.
- MEIER, H.: Deutsche Sprachstatistik. Hildesheim 1967.
- MEIS, R.: Diagnostischer Rechtschreibtest für 4. und 5. Klassen. DRT 4-5. Reihe Deutsche Schultests. Hrsg. v. K.-H. INGENKAMP. Weinheim, Berlin 1970.

- MESSMER, O.: Zur Psychologie des Lesens bei Kindern und Erwachsenen. Leipzig 1904.
- MEUMANN, E.: Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik: Das sprachliche Unterrichtsgebiet. Leipzig 1914.
- MEYERS, J.L.: Electronystagmography. A graphic study of the action currents in nystagmus. In: Arch. Neurol. and Psychiat. 21 (1929) 901-918.
- MILES, W.R.: The steady polarity potential of the human eye. In: Proc. Nat. Acad. Sci. 25 (1939) 25-36.
- MILES, W.R. and H.M. BELL: Eye-movement records in the investigation of study habits. In: J. exp. Psychol. 12 (1929) 450-458.
- MILLER, J.E.: Electromyographic pattern of saccadic eye-movements. In: Americ. J. Ophthalm. 46 (1958) 183-186.
- MILLNER, R. und R. RICHWIEN: Grundlagen der medizinischen Elektronik. Frankfurt 1969.
- MONNIER, M. und H.J. HUFSCMIDT: Das Elektro-Oculogramm und Elektro-Nystagmogramm beim Menschen. In: Helv. Physiol. Acta 9 (1951) 348-366.
- MOWRER, O.H., T.C. RUCH and N.E. MILLER: The corneo-retinal potential difference as the basis of the galvanometric method of recording eye-movements. In: Americ. J. Physiol. 114 (1936) 423-428.
- MÜLLER-LIMMROTH, H.-W.: Der Einfluß der Dauer des Reizlichtes auf das Elektroretinogramm. In: Pflügers Arch. 257 (1953) 35-47.
- MÜLLER-LIMMROTH, H.-W.: Elektrophysiologie des Gesichtssinns. Berlin, New York 1959.
- NEISSER, U.: Kognitive Psychologie. Stuttgart 1974.
- NICKEL, P., B.A. ROUFF, P.F. SCHLOTTKE: Technisch-theoretische Funktionsanalyse eines Gerätes zur Registrierung von Blickbewegungen (NAC III). In: Ber. Psychol. Inst. Uni. Tübingen 1972.
- O'CONNELL, D.C. und M. BRAND: Structural facilitation in the learning of German nonsense strings. (Manusk. eines Votr., gehalten a. d. 11. Tagung Exp. Psychol. in Bern 1969.)
- PINTER, R.: Untersuchung über die Aufmerksamkeitsformen der Kinder beim Lesen und Reagieren. Veröffentl. d. Inst. Exp. Päd. u. Psychol. d. Leipziger Lehrervereins, Bd.4 (1913) Nr.1, 1-53.

- RASHBASS, C.: The relationship between saccadic and smooth tracking eye-movements. In: J. Physiol. 159 (1961) 326-338.
- RIEGER, C.: Beschränkung der Intelligenzstörungen infolge einer Hirnverletzung. Würzburg 1888.
- ROBINSON, F.P.: The role of eye-movements in reading with an evaluation of techniques for their improvement. In: Univ. Iowa Studies, No. 39 (1933) 1-52.
- ROHR, G.: Vorhersageeigenschaften des Systems der Augenbewegungen bei Vorgabe eines zweidimensionalen geometrischen Musters. Diplomarb. z. Dipl. Hauptprüf. Psych. Univ. Gießen 1973.
- SANFORD, E.C.: The relative legibility of the small letters. In: Americ. J. Psychol. 1 (1887) 402-435.
- SCHENK-DANZINGER, L.: Handbuch der Legasthenie. Weinheim 1968.
- SCHLAG, J.: Pädagogische Schriftmessung. Veröffentl. Inst. Exp. Päd. u. Psychol. d. Leipziger Lehrervereins. Bd. 6 (1915) Nr. 2, 143-229.
- SCHÖNPFLUG, W.: Eigenschaften von KVK Trigrammen. (Manuskript eines Vortr., gehalten a. d. 11. Tagung Exp. Psychol. in Bern 1969.)
- SCHÖNPFLUG, W. und G.H. VETTER: Psychologische Kennwerte von Trigrammen. Theoretische und methodische Beiträge zum Problem der Verarbeitung einfachen sprachlichen Materials. In: Psychologia Universalis. Bd. 29. Meisenheim 1975.
- SCHOPENHAUER, A.: Sämtliche Werke. Bd. 11. Parerga und Paralipomena. IV. Teil. Stuttgart o.J.
- SCHOTT, E.: Über die Registrierung des Nystagmus und anderer Augenbewegungen mittels des Saitengalvanometers. Dt. Arch. klin. Med. 140 (1922) 79-90.
- SCHUMANN, F.: Psychologie des Lesens. In: Ber. d. 2. Kongr. Exp. Psychol. Leipzig 1907, 153-183.
- SHACKEL, B.: Skin-drilling: A method of diminishing galvanic skin-potentials. In: Americ. J. Psychol. 72 (1959) 114-121.
- SHACKEL, B.: Electro-oculography. The electrical recording of eye position. In: Proceed. 3rd intern. conference on med. electronics (1960) 323-335.
- SHACKEL, B.: Eye-movement recording by electro-oculography. In: VENABLES, P.H. and J. MARTIN: A manual of psychophysiological methods. Amsterdam 1967.

- SPIEGEL, B.: Werbepsychologische Untersuchungsmethoden. Experimentelle Forschungs- und Prüfverfahren. Berlin 1958.
- ST. CYR, G.J. and D.H. FENDER: The interplay of drifts and flicks in binocular fixation. In: Vision Res. 9 (1969) 245-265.
- STOLL, F.: Evaluation de trois types d'exercices de lecture rapide. In: Le Travail Humain 37 (1974) 249-262.
- SWANSON, D.E.: Common elements in silent and oral reading. In: Psychol. Monogr. 48 (1937) 36-60.
- TAYLOR, E.A.: Controlled reading. Chicago: Univ. Press 1937.
- TAYLOR, E.A.: The spans: Perception, apprehension and recognition. In: Americ. J. Ophthalm. 44 (1957) 501-507.
- THORNDIKE, E.L.: The psychology of thinking in the case of reading. In: Psychol. Rev. 24 (1917) 223-234.
- THORNER, H.: Experimentelle Untersuchung zur Psychologie des Lesens. Das Lesen von sinnleerem Material. In: Arch. ges. Psychol. 71 (1929) 127-164.
- TIFFIN, J.: Studies in psychology of reading. Princeton (APA) 1937.
- TIFFIN, J. and G. FAIRBANKS: An eye-voice camera for clinical and research studies. In: Psychol. Monogr. 48 (1937) 70-77.
- TINKER, M.A.: Eye-movement duration, pause duration and reading time. In: Psychol. Rev. 35 (1928) 385-397.
- TINKER, M.A.: Eye-movement, perception and legibility in reading. In: Psychol. Bull. 33 (1936) 275-290.
- TINKER, M.A.: Reliability and validity of eye-movement measures of reading. In: J. Exp. Psychol. 19 (1936) 732-746.
- TINKER, M.A.: Time taking by eye-movement in reading. In: J. Genet. Psychol. 48 (1936) 468-471.
- TINKER, M.A.: The study of eye-movements in reading. In: Psychol. Bull. 43 (1946) 93-120.
- TINKER, M.A.: Recent studies of eye-movement in reading. In: Psychol. Bull. 54 (1958) 215-231.
- TRAXEL, W.: Grundlagen und Methoden der Psychologie. 2.Aufl. Bern, Stuttgart 1974.
- TRENDELENBURG, W.: Der Gesichtssinn. Grundzüge der Physiologischen Optik. Berlin 1943.
- TURSKY, B. and D.N. O'CONNELL: A comparison of AC and DC eye-movement recording. In: Psychophysiol. 3 (1967) 156-163.

- VANECEK, E.: Fixationsdauer und Fixationsfrequenz beim stillen Lesen von Sprachapproximationen. In: Z. exp. ang. Psychol. 19 (1972) 671-689.
- WAGNER, J.: Experimentelle Beiträge zur Psychologie des Lesens. In: Z. f. Psychol. 80 (1918) 1-75.
- WAITZ, Th.: Lehrbuch der Psychologie als Naturwissenschaft. Braunschweig 1849.
- WAITZ, Th.: Über die Methode des Unterrichts im Lesen und Schreiben, eine psychologische Untersuchung. Braunschweig 1852.
- WALKER, R.Y.: The eye-movements of good readers. In: Psychol. Monogr. 44 (1933) 95-117.
- WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. 7.Aufl. Stuttgart 1972.
- WEBER, E.H.: Der Tastsinn und das Gemeingefühl. In: WAGNER, Handwörterbuch der Physiologie. Leipzig 1846, 481-588.
- WENDELER, J.: Lesen 4., Reihe: Stufentests. Hrsg. v. G. STARK, B. FROMMELT, G. RUTZ. Weinheim, Berlin 1973.
- WERNER, O. und F. HUNDSNURSCHER: Germanistische Arbeitshefte. Tübingen 1971.
- WERNICKE, C.: Einige neuere Arbeiten über Aphasie. In: Fortschritte d. Med. Bd.3 u. 4 (1886).
- WERNICKE, C.: Gesammelte Aufsätze und kritische Referate zur Pathologie des Nervensystems. Berlin 1893.
- WESTERLUND, A.: Die Potentialverteilung an der Oberfläche eines Augenmodells. In: Skandinav. Arch. Physiol. 26 (1912) 129-209.
- WESTHEIMER, G.: Eye-movement responses to a horizontally moving visual stimulus. In: Arch. Ophthalm. 52 (1954) 932-941.
- WIEGAND, C.F.: Untersuchung über die Bedeutung der Gestaltqualitäten für die Erkennung von Wörtern. In: Z. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane 48 (1908) 161-237.
- WOODWORTH, R.S.: Experimental Psychology. New York 1938.
- WOODWORTH, R.S. and H. SCHLOSBERG: Experimental Psychology. (Rev. Ed.) New York 1954.
- YARBUS, A.L.: Eye-movements and vision. New York 1967. (Russ. Orig. Moskau 1965).
- ZEITLER, J.: Tachistoskopische Untersuchungen über das Lesen. In: WUNDT, W. (Hrsg.): Philosophische Studien 16 (1900) 380-463.

A N H A N G

Tabellarische Übersicht über die wichtigsten Ergebnisse tachistoskopischer Leseversuche

Autor, Jahr	Frage- stellung	Versuchs- geräte	Unabhängige Variable	Buch- staben- zahl	Buch- staben- art	Dar- bietungs- zeiten	Anzahl Vp	Abhängige Variable	Ergebnisse
CATTELL 1885	Erkennungs- und Benen- nungszeiten für Schrift- zeichen	Kymograph, 50 cm Um- fang, davor Schirm mit variabler Spaltbreite 1-20 mm	Spaltbreite des Schir- mes, Undre- hungsge- windigkeit des Kymo- graphen, Abstände der Buch- staben von- einander.		SNELL- sche Schrift- probe D=1,75		9	30-40 Buch- staben hin- tereinander richtig ge- lesen. Max. Geschwindig- keit, bei der Buchsta- ben noch les- bar sind. Er- kennungs-/Be- nennungszei- ten	Die Zeit zum Erkennen eines Buchstabens nimmt mit zunehmender Spaltbreite ab. Die Zeit zum Erkennen eines Buchstabens: ca. 250 ms Die Zeit zum Benennen eines Buchstabens: ca. 100 ms
	Taschen- chronoskop normale Lesetexte	Buchstaben zu Wörtern, Wörter zu Sätzen ange- ordnet in 6 verschiede- nen Spra- chen. Die- selben rück- wärts. Tex- te mit 100 und 500 Wör- tern			Lateini- sche und deutsche Buchsta- ben 12 cm Zeile 20 Buch- staben		9	Lesezeit	Die max. mögliche Lese- zeit ist von der Kennt- nis der Sprache ab- hängig. Die Zeit für verschiedl. Sprachen unterscheidet sich sub- jektiv nicht. X bei 100 Wörtern der eigenen Sprache: 184 ms/Wort, X bei 500 Wör- tern: 200 ms/Wort. 100 Wörter rückwärts: 253/Wort. Zeit für Buchstaben unwesentlich länger als für Wörter
CATTELL 1886	Trügheit der Netz- haut und des Seh- zentrums, Empfind- lichkeit der Netz- haut für Buchstaben	Fall- Chro- nomet- er (Fall- tachisto- skop)	Wirkungs- dauer des Reizes auf die Netzhaut, Tages- licht, Kam- penlicht, Entfernung der Lampe vom Objekt. Größe der Buchstaben.		Wie in Phil. Studien verwen- det, dt. und lat. Buchsta- ben	1 ms - 6,5 ms	2	% richtig gelesener Buchstaben pro Reiz- serie	Für Wörter ist die Er- kennungszeit kürzer als für Buchstaben. Große und kleine lat. Buchstaben sind gleich gut zu erkennen, klei- ne dt. schlechter, am schlechtesten große dt. Buchstaben. Empfind- lichkeit der Netzhaut schwächt. Bestimmung der relativen Lesbar- keit einzelner Buchsta- ben des Alphabets.

Autor, Jahr	Fragestellung	Versuchsgesät	Unabhängige Variable	Buchstaben-zahl	Buchstaben-staben-art	Darbietungszeiten	Anzahl Vp	Abhängige Variable	Ergebnisse
SAINFORD 1887	Relative Lesbarkeit kleiner Buchstaben	3,40 m lange Schiene, ein Ende am Kinn der Vp, darüber auf Buchstaben beweglich	Entfernung der Buchstaben vom Auge der Vp	4-27	SNELLsche Schriftprobe D=1,25	2-6 ms	5	Verwechslungshäufigkeit einzelner Buchstaben	Vergleich der nach beliebigen Methoden sich ergebenden Rangreihe der Lesbarkeit der Buchstaben.
		Kasten mit Funkenbeleuchtung	Darbietungszeit					Lesbarkeit	
GOLDSCHIEDER und MÖLLER 1893	Buchstabierendes vs ganzheitliches Lesen	Rotierende Pappscheibe mit variablem Schlitzelement über dem zu betrachtenden Objekt (Rotations-tachistoskop)	Striche verschiedener Anordnung "Elemente von Buchstaben"	4-27	Latein, 01:3,5 mm M1:2,4 mm	10 ms	2	Anzahl der Darbietungen bis zum richtigen Erkennen	4 Striche sowohl wie 4 Buchstaben werden bei 10 ms richtig erkannt. Im Wortzusammenhang werden 4-5mal soviel Buchstaben richtig erkannt. Gesamtform für das Erkennen von Bedeutung.
		Falltachistoskop	Buchstaben-gruppen ohne und mit Wortzusammenhang			100 ms	2-3	Zahl und Art der Reproduktionsfehler	
ERDMANN und DODGE 1898 S. 128	Vorgänge beim Lesen	Falltachistoskop	Große und kleine Buchstabenreihen wechselnder Länge	5-7	Latein 3-4 mm hoch 2-3 Buchstaben pro α	10-15 ms	5	Zahl der Darbietungen bis zur vollständigen Reproduktion. Selbstbeob. der Vp	Für das Lesen sind die determinierenden Buchstaben von entscheidender Bedeutung.
		Falltachistoskop	Sinnlos zusammen gesetzte Buchstaben mit und ohne Vokale. Sinnlose Silben, sinnvolle Wörter unterschiedlicher Ge-läufigkeit						
ZEITLER 1900	Successive vs simultane Wahrnehmung. Umfang der Aufmerksamkeits-sankt								

Autor, Jahr	Fragestellung	Versuchsgeräte	Unabhängige Variable	Buchstaben-zahl	Buchstaben-art	Dar-bietungs-zeiten	Anzahl Tp	Abhängige Variable	Ergebnisse
MESSMER 1904	Lesen bei Kindern und Erwachsenen	Falltachistoskop	Im Fixationspunkt bzw. rechts und links von ihm exponierter Buchstaben, sinnvolle Wörter, Sätze. Horizontale Anordnung der Buchstaben		Latein. 2,5 mm	2 ms	10	Zahl der Darbietungen bis zur vollständigen Reproduktion	Objektiver und subjektiver Lesertypus. Gesamtform für das Lesen von ausschlaggebender Bedeutung
BECHER 1904	Aufmerksamkeit und Fixationsrichtung	Falltachistoskop	Exposition links und rechts vom Fixationspunkt		nur ohne Ober-Untertönen	100 ms	3	Anzahl richtig gelesenen Buchstaben	Während der Exposition findet keine Aufmerksamkeitswanderung statt
WIEGAND 1908	Die Bedeutung der Gestaltqualität für das Erkennen von Wörtern	5 m langer Tisch, auf dem Wörter in abnehmender Entfernung exponiert werden	Entfernung der Wörter von der Tp	?	mittl. Typ 2,8 mm Antiqua		6	Reproduktion des Gesehenen, ausführliche Selbstbeobachtung	Auf Grund charakteristischer Zeichen und sekundärer Merkmale taucht ein bekanntes Lautbild auf
	Prüfung der Typen von MESSMER	SCHUMANN'sches Rotations-tachistoskop	Sinnlose Buchstabenkombination, z.T. auf dem Kopf stehend, Sinnvolle Wörter, z.T. fehlerhaft, Lücken auf dem Kopf stehend	6 10-17 4-6	Patentbuchstaben 11 mm hoch, 2 mm Linienbreite	ca. 58 ms 90 ms	6	Anzahl der Expositionen bis zur vollständigen Reproduktion	Die MESSMER'schen Typen konnten experimentell dargestellt werden
KUTZNER 1916	Bedeutung der Gestaltqualität. Überprüfung der WIEGAND-Arbeit	WUNDT'sches Tachistoskop (Falltachistoskop)	Entfernung des Tachistoskops von der Tp (max. 2m). Verhältnis von Ober- zu Unterlängen	8-18	?	60 ms	9	Anzahl der Expositionen bis zu vollständiger Reproduktion	Die Identifikation einzelner Buchstaben spielt eine untergeordnete Rolle. Der Eindruck des sukzessiven Lesens resultiert aus den Bedingungen des tach. Experiments
			Normale Texte 200 Wörter. Nur in Minuskel, nur in Majuskeln. Sinnlose Silben verschieden Art. Laut, leise lesen, bequem, schnell lesen. Wirkungskraft		"normale" Schreibmaschinen-schrift		6	Leszeit Selbstbeobachtung	Majuskel verlängern die Leszeit um 50-100 % gegenüber Normaltext. Die Wirkung der Minuskel ist einheitlich und wenig ausgeprägt. Max. Steigerungsmögl. durch Übung bei normalen Texten: 50-60 % min.

Autor, Jahr	Fragestellung	Versuchsg- eräte	Unabhängige Variable	Buch- staben- zahl	Buch- staben- art	Dar- bietungs- zeiten	Anzahl Vp	Abhängige Variable	Ergebnisse
WAGNER 1918	Wirkung der Gestalt- qualität	SCHUMANN- sches Rotations- tachisto- skop	Sinnlose sinvolle Buchstaben- kombinationen, Minuskel- Majuskel- kombinationen	14-20	Ober- länge 3 mm; Mittel- länge 2 mm Antiqua	100 ms	6	Reproduktion nach einmaliger Exposition. Zahl der Expositionen bis zur vollständigen Reproduktion. Selbstbeobachtung	Es besteht kein Unterschied zwischen sinnvollem und sinnlosem Material hinsichtlich der Deutlichkeit. Nur bei einzelnen Vpn. Unterschied hinsichtlich der Zahl reproduzierter Elemente bei einmaliger Exposition
HOFMANN 1927	Lesen bei Kindern	PAULI- sches Tachisto- skop; Photo- graph. Verschluß Öffnungsmesser 33 mm	Konsonanten; Konsonanten und Vokale; Unbekannte Wörter (z.B. Disagio); Gefläufige Wörter (z.B. Orgel) Grenzverfahren	1-8 2-12 3-16 3-23	Fraktur Mittel- länge 2 mm; Ober- länge 2,75 mm	100 ms	250	Reproduktion nach einmaliger Exposition	Die mittlere Leseleistung steigt mit dem Alter. Bei 14jährigen ist die Erwerbsleistung noch nicht erreicht. Leistung hängt vom Charakter des Materials ab. Korr. zwischen Leseleistung und Begabung. Lesleistung in den 4 Materialarten steht in einem konstanten Verhältnis zueinander über alle Altersstufe
THORNER 1929	Lesen von sinnlosem Material	PAULI- sches Tachisto- skop	Buchstabierbar, Dominanz Majuskel, Minuskel, Aussprechbar, sinnvolle Wörter	3-15	latein. Grottesk- satz Ober- länge 3,5 mm Mittel- länge 2,9 mm	144 ms	5	Zahl der Durchgänge bis zur vollständigen richtigen Reproduktion	Das Gewicht der einzelnen Faktoren (Dominanz, Majuskel usw.) konnte bestimmt werden. Aussprechbarkeit der Silbenberweist sich als gewichtigster Faktor.
THORNER und HEIMANN 1929	Lesen von sinnlosem Material	PAULI- sches Tachisto- skop	Ungeläufige, geläufige Wörter, Gewöhnlicher Druck- und Majuskel, Vorbereitetes Wort vor Exposition	5-27	latein. Grottesk- satz Ober- länge 3,5 mm Mittel- länge 2,9 mm	100 ms	4	Zahl der Durchgänge bis zur vollständigen Exposition. Selbstbeobachtung	Geläufigkeit der Wörter ist der gewichtigste Faktor beim sinnvollen Lesen. Die Wirkung von Dominanz läßt sich zeigen. Die Wirkung der Gesamtform läßt sich ebenfalls demonstrieren.

Versuchsanordnung zur Skalierung von KVK-Trigrammen, Pentagrammen, Hexagrammen und dreibuchstabigen sinnvollen Wörtern, an 9 - 12jährigen Kindern erprobt.

Die mit Kreuz markierte Silbe wird zunächst von der Vp mit einem hellen Filzstift durchgestrichen und anschließend beurteilt. Die über und unter der kritischen Silbe stehenden Silben stellen eine Zufallsauswahl aus der zu beurteilenden Reizserie dar (im vorliegenden Fall 50 Silben).

fub	pol	kux	1	noch ein bißchen leichter
nal	fid	leg	2	ein bißchen leichter
+++	ron	+++	3	weder leicht noch schwer
res	bof	kar	4	ein bißchen schwerer
duf	sil	san	5	noch ein bißchen schwerer

zud	fog	veb	1	noch ein bißchen leichter
tob	ved	ruk	2	ein bißchen leichter
+++	fub	+++	3	weder leicht noch schwer
tep	wel	seg	4	ein bißchen schwerer
sil	zuf	nal	5	noch ein bißchen schwerer

Da insgesamt 864 solcher Seiten ausgedruckt wurden, können hier nur zwei Beispiele dargestellt werden. Bei Vp 9 handelt es sich um eine gute Leserin, bei Vp 26 auf der folgenden Seite um einen schlechten Leser.

VP: 9 TEXT: 3 ZEILE: T 3
=====

#	FIXATIONSDAUER [SEC]	SPRUNGART
1	.18	
2		-1
3	.18	
4		-1
5	.31	
6		1
7	.25	
8		-1
9	.19	
10		-1
11	.19	
12		-1
13	.16	
14		1
15	.2	
16		1
17	.17	
18		1
19	.43	
20		1
21	.19	
22		1
23	.15	
24		1
25	.05	

ANZAHL DER FIXATIONEN = 13
GESAMT-FIXATIONS-ZEIT = 2.6 SEC
MITTLERE FIXATIONSDAUER = .2 SEC
STREUUNG DER FIXATIONEN = .1 SEC

ANZAHL DER VORSPRÜNGE = 7
MITTL. FIX.-D. NACH VS = .19 SEC
FIX.-S. NACH VS = .12 SEC

ANZAHL DER RUECKSPRUNGE = 5
MITTL. FIX.-D. NACH RS = .21 SEC
FIX.-S. NACH RS = .04 SEC

FIXATIONSDAUER SPRUNGART
[SEC]

1	.48	
2		1
3	.13	
4		-1
5	.29	
6		1
7	.22	
8		1
9	.31	
10		1
11	.14	
12		-1
13	.17	
14		-1
15		1
16	.12	
17		1
18	.24	
19		-1
20	.06	
21		1
22	.26	
23		1
24	.09	
25		-1
26		-1
27	.15	
28		1
29	.23	
30		1
31	.18	
32		-1
33	.21	
34		-1
35	.14	
36		1
37	.26	
38		1
39	.15	
40		1
41	.5	
42		1
43	.21	

ANZAHL DER FIXATIONEN = 21
GESAMT-FIXATIONS-ZEIT = 4.62 SEC
MITTLERE FIXATIONSDAUER = .22 SEC
STREUUNG DER FIXATIONEN = .1 SEC

ANZAHL DER VORSPRUENGE = 14
MITTL. FIX.-D. NACH VS = .28 SEC
FIX.-S. NACH VS = .1 SEC

ANZAHL DER RUECKSPRUNGE = 8
MITTL. FIX.-D. NACH RS = .13 SEC
FIX.-S. NACH RS = .1 SEC

Lebenslauf

Am 19. Februar 1945 wurde ich in Markgröningen (Kreis Ludwigsburg/Württ.) geboren.

Von 1951 bis 1965 besuchte ich die Freie Waldorfschule zunächst in Stuttgart, dann in Tübingen.

Nach dem Abitur schrieb ich mich an der Philosophischen Fakultät der Universität Tübingen ein, wurde aber nach dem ersten Semester zur Ableistung des Wehrdienstes einberufen.

Anschließend, im WS 66/67, immatrikulierte ich an der ehemaligen Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim für Medizin und dann wieder an der Philosophischen Fakultät der Universität Tübingen. Dort studierte ich in folgenden Fächern: Philosophie, Psychologie, Germanistik, Soziologie und Jura.

Im WS 68/69 wechselte ich an die Universität Kiel, legte dort 1969 die Diplom-Vorprüfung und 1971 die Diplom-Hauptprüfung für Psychologen ab.

Seit 1.5.1971 bin ich mit der Verwaltung der Dienstgeschäfte eines wissenschaftlichen Assistenten beim Lehrstuhl für Psychologie der Universität Bayreuth beauftragt.

Meine akademischen Lehrer sind die Herren Professoren:
K.-O. Apel, R. Bergius, F. Beißner, E. Bloch, O.F. Bollnow,
R. Dahrendorf, D. Dörner, Th. Eschenburg, W. Hallermann,
O. Heller, W. Jens, G. Kaminski, L. Kötter, G.A. Lienert,
H.W. Löwenau, G. Lüer, E. Mittenecker, H. Müller-Michaels,
W. Schadewald, W. Schulz, G.E. Störking, W. Toman, W. Traxel,
H. Völkel, H. Wegener, H. Werbik, H. Wieck.

